

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-286191

(P2000-286191A)

(43) 公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	特許出願公開番号
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 3 1 A 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	G 0 3 F 7/20	5 0 3 5 F 0 4 6
		H 0 1 L 21/30	5 3 1 M

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-94317

(22) 出願日 平成11年3月31日 (1999. 3. 31)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 太田 和哉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外5名)

Fターム(参考) 2H097 BB10 CA15 EA01 GB01 LA10

5F046 CB02 CB17 CB25 CC01 CC02

CC03 CC05 CC09 CC16 CC18

DA05 DA13 DB01 DC12 EB02

EB03 GA03 GA06 GA12 GA14

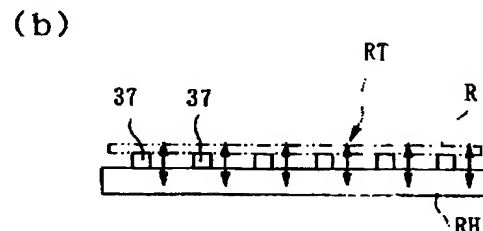
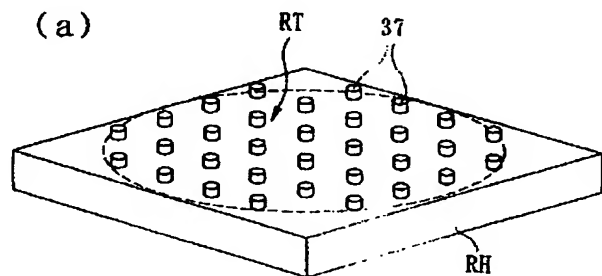
GB01 GC03 GD10

(54) 【発明の名称】 露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 像のディストーションや誤差を補正して、露光精度を向上させることのできる露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 露光装置のレチクルホルダRHにレチクル表面変形機構RTを備え、投影光学系を介してウエハ上に転写される像のディストーションを計測手段で計測し、その計測結果に基づいて、レチクルホルダRHで保持したレチクルRのパターン面の、ディストーションが生じている部分で吸着ピン37を駆動させ、レチクルRをZ軸方向に変形させる構成とした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射型のマスクに形成されたパターンを露光光で照明し、前記マスク側においては非テレセントリックである投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、前記マスクを保持する保持機構に、前記マスクのパターン面側を部分的に変形させる変形手段が備えられていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記変形手段が、前記マスクの背面側を保持する複数のピンと、前記各ピンを前記パターン面に略直交する方向に進退駆動させる駆動手段とを備えて構成されていることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】 前記マスクを保持するマスクステージと、前記基板を保持する基板ステージとを、前記投影光学系の光軸と略直交する定められた方向に沿って、前記投影光学系の倍率に応じた速度比で同期移動させる駆動装置が備えられていることを特徴とする請求項1または2記載の露光装置。

【請求項4】 前記投影光学系が反射光学系とされ、かつ前記露光光が略円弧スリット状であることを特徴とする請求項3記載の露光装置。

【請求項5】 前記露光光がExtreme Ultra Violet光であることを特徴とする請求項4記載の露光装置。

【請求項6】 前記基板上に転写される像の誤差を計測する計測手段が備えられ、前記変形手段では前記計測手段での計測結果に基づいて前記パターン面を変形させることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の露光装置。

【請求項7】 前記投影光学系の光軸方向に関する前記パターン面の位置情報を検出する検出手段を更に備え、前記変形手段は前記検出された位置情報に基づいて前記パターン面を変形させることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の露光装置。

【請求項8】 反射型のマスクに形成されたパターンを、前記マスク側においては非テレセントリックである投影光学系を介して基板上に転写する露光方法において、前記マスクを保持する保持機構に、前記マスクのパターン面側を部分的に変形させる変形手段を備えておき、該変形手段で前記パターン面を部分的に変形させることによって、前記基板上に転写される像を補正することを特徴とする露光方法。

【請求項9】 前記基板上に転写される像のディストーションを計測手段で計測し、その結果に基づいて前記変形手段で前記像を補正することを特徴とする請求項8記載の露光方法。

【請求項10】 前記基板上に転写される像の誤差を予め計測しておき、その結果に基づいて前記変形手段で前記像を補正した後に、前記パターンを前記基板上に転写することを特徴とする請求項8または9記載の露光方法。

【請求項11】 前記マスクを前記パターン面に沿った方向に駆動させることによって前記露光光に対して前記パターン面を移動させつつ、前記変形手段で、前記露光光が前記パターン面に照射されている部分を順次変形させることを特徴とする請求項8から10のいずれかに記載の露光方法。

【請求項12】 前記投影光学系を反射光学系とし、かつ前記露光光を略円弧スリット状としておき、前記変形手段で前記パターン面をこれに略直交した方向に変形させることにより、前記パターン面に対する略円弧スリット状の露光光の照射位置を、前記円弧スリットの中心部に対し放射方向に変化させることを特徴とする請求項8から11のいずれかに記載の露光方法。

【請求項13】 請求項1から7のいずれかに記載の露光装置を用いて、デバイスパターンを感光基板上に転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項14】 請求項8から12のいずれかに記載の露光方法を用いて、デバイスパターンを感光基板上に転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、例えば半導体素子や液晶表示素子等の回路デバイスをリソグラフィ工程で製造する際に用いられる露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、半導体デバイスの製造現場では、波長365nmの水銀ランプのi線を照明光とした縮小投影露光装置、所謂ステッパを使って最小線幅が0.3～0.35μm程度の回路デバイス（64M（メガ）ビットのD-RAM等）を量産製造している。同時に、256Mビット、1G（ギガ）ビットD-RAMクラスの集積度を有し、最小線幅が0.25μm以下の次世代の回路デバイスを量産製造するための露光装置の導入が始まっている。

【0003】その次世代の回路デバイス製造用の露光装置として、KrFエキシマレーザ光源からの波長248nmの紫外パルスレーザ光、或いはArFエキシマレーザ光源からの波長193nmの紫外パルスレーザ光を照明光とし、回路パターンが描画されたマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）と感光基板としてのウエハを縮小投影光学系の投影視野に対して相対的に1次元走査することで、ウエハ上の1つのショット領域内にレチクルの回路パターン全体を転写する走査露光動作とショット間ステッピング動作とを繰り返す、ステップアンドスキャン方式の走査型露光装置の開発が行われている。

【0004】ところで、半導体デバイスの集積度は、将来的に更に高集積化し、1Gビットから4Gビットに移

行することは間違いがなく、その場合のデバイスルールは0.1 μm すなわち100 nm L/S程度となり、上記の波長193 nmの紫外パルスレーザ光を照明光として用いる露光装置により、これに対応するには技術的な課題が山積している。

【0005】最近になって、波長5~15 nmの軟X線領域の光（本明細書では、この光を「EUV (Extreme Ultra Violet) 光」とも呼ぶ）を露光光として用いるEUV露光装置の開発が開始されるに至っており、かかるEUV露光装置が最小線幅100 nmの次世代の露光装置の有力な候補として注目されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような従来の露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法には、以下のような問題が存在する。このように厳しい精度が要求される露光装置において、誤差の生じる要因としては、レチクルとウエハの位置合わせ精度（アライメント精度）や、いわゆるステッピング精度を含むウエハステージの位置決め精度、投影光学系のディストーション等があり、いずれの要因についても一層の改善が常に要求されている。

【0007】このうち、投影光学系のディストーションは、レンズやミラー等の光学素子の加工精度、投影光学系の組立精度等に起因する。ディストーションを改善するには、従来通常の透過型投影光学系を備えた露光装置においては、レチクルに近い場所に、平板状のガラスからなるディストーション補正板を配置し、このディストーション補正板を研磨する等して、投影光学系を構成する全ての光学素子のトータルでのディストーション補正を行っていた。

【0008】ところが、EUV露光装置においては、使用される光の波長（5~15 nm）では吸収なく効率的に光を透過する物質が存在しないため、レチクルも反射型であり、また投影光学系も反射型光学素子から構成されている。このため、レチクルの近傍等にディストーション補正板を配置すること自体が困難である。したがって、一枚一枚の反射型光学素子（ミラー）の形状精度を上げる以外にディストーションを所望のレベル以下にする方法がなかった。具体的には、レチクルおよび投影光学系からなる結像光学系のディストーションを、例えば ± 5 nm以下に抑えるためには、結像光学系を構成する例えば4~6枚の光学素子の全て（中には直径400 mmにもなるものがある）を、平面度0.05 nm@rms以下に仕上げなければならない。

【0009】このように、EUV露光装置においては、ディストーションを抑えるのが非常に困難であり、またディストーション以外にも、レチクルに形成されたパターンの描画誤差や、レチクルの表面形状による誤差、ウエハの歪みによる誤差等も、誤差の補正がいずれも困難である。本発明は、以上のような点を考慮してなされた

もので、像のディストーションや誤差を補正して、露光精度を向上させることのできる露光装置および露光方法ならびにこれら露光装置や露光方法を適用することにより安定して高品質なデバイスを製造することのできるデバイス製造方法を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、反射型のマスク（R）に形成されたパターンを露光光（EL）で照明し、前記マスク（R）側においては非テレセントリックである投影光学系（PO）を介して基板（W）上に転写する露光装置（10）であって、前記マスク（R）を保持する保持機構（12）に、前記マスク（R）のパターン面側を部分的に変形させる変形手段（RT）が備えられていることを特徴としている。

【0011】変形手段（RT）で、マスク（R）をパターン面に直交する方向に変形させると、基板（W）上で結像する像が動く。これは、マスク（R）が反射型であるために、必然的にマスク（R）に対する露光光（EL）は斜めから照射しなければならず、マスク（R）のパターン面に直交する方向の変位が、基板（W）上では倍率変化あるいは位置変化として表れるからである。このように変形手段（RT）でマスク（R）を部分的に変形させ、基板（W）上での像を部分的に移動させることによって、ディストーション等を補正することができるのである。

【0012】請求項8に係る発明は、反射型のマスク（R）に形成されたパターンを、前記マスク（R）側においては非テレセントリックである投影光学系（PO）を介して基板（W）上に転写する露光方法において、前記マスク（R）を保持する保持機構（12）に、前記マスク（R）のパターン面側を部分的に変形させる変形手段（RT）を備えておき、該変形手段（RT）で前記パターン面を部分的に変形させることによって、前記基板（W）上に転写される像を補正することを特徴としている。

【0013】このように、マスク（R）のパターン面側において、ディストーション等が生じている部分に対応した部分を変形手段（RT）で部分的に変形させ、基板（W）上での像を部分的に移動させることによって、ディストーション等を補正することができる。

【0014】請求項13に係る発明は、請求項1から7のいずれかに記載の露光装置（10）を用いて、デバイスパターンを感光基板（W）上に転写する工程を含むことを特徴としている。

【0015】請求項14に係る発明は、請求項8から12のいずれかに記載の露光方法を用いて、デバイスパターンを感光基板（W）上に転写する工程を含むことを特徴としている。

【0016】このようにしてデバイスを製造することにより、変形手段（RT）でマスク（R）を部分的に変形

させてディストーション等が補正され、マスク（R）本来の精度を維持した状態で、デバイスパターンが感光基板（W）上に転写されることになる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法の実施の形態の一例を、図1ないし図14を参照して説明する。

【0018】図1には、本実施の形態に係る露光装置10の全体構成が概略的に示されている。この露光装置10は、露光光として波長5～15nmの軟X線領域、例えば波長13.4nmまたは11.5nmの光であるEUV光ELを用い、ステップアンドスキャン方式により露光動作を行う投影露光装置である。本実施形態では、後述するように、マスクとしてのレチクルRからの反射光束をウエハ（基板、感光基板）W上に垂直に投射する投影光学系POが使用されているので、以下においては、この投影光学系POからウエハWへのEUV光ELの投射方向を投影光学系POの光軸方向と呼ぶとともに、この光軸方向をZ軸方向、これに直交する面内で図1における紙面内の方向をY軸方向、紙面に直交する方向をX軸方向として説明するものとする。

【0019】この露光装置10は、マスクとしての反射型レチクルRに描画された回路パターンの一部の像を投影光学系POを介して基板としてのウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影光学系POに対して1次元方向（ここではY軸方向）に相対走査することによって、レチクルRの回路パターンの全体をウエハW上の複数のショット領域の各々にステップアンドスキャン方式で転写するものである。

【0020】露光装置10は、EUV光ELをY方向に沿って水平に射出する光源装置12、この光源装置12からのEUV光ELを反射して所定の入射角 θ （ θ はここでは約50mradとする）でレチクルRのパターン面（図1における下面）に入射するように折り曲げる折り返しミラーM（照明光学系の一部）、レチクルRを保持するレチクルステージ（マスクステージ）RST、レチクルRのパターン面で反射されたEUV光ELをウエハWの被露光面に対して垂直に投射する反射光学系から成る投影光学系PO、ウエハWを保持するウエハステージ（基板ステージ）WST、フォーカスセンサ（14a、14b）及びアライメント光学系ALG等を備えている。

【0021】前記光源装置12は、図2に示されるようにレーザプラズマ光源16と照明光学系の一部（PRM、IM、30）とから構成される。レーザプラズマ光源16は、例えば半導体レーザ励起によるYAGレーザやエキシマレーザ等の高出力レーザ20と、この高出力レーザ20からのレーザ光Lを所定の集光点に集光する集光レンズ22と、この集光点に配置された銅テプ等のEUV光発生物質24とを備えている。

【0022】このような光源装置12では、高出力レーザ20からのレーザ光Lが集光レンズ22の集光点に配置されたEUV光発生物質24に照射されると、このEUV光発生物質24がレーザ光のエネルギーで高温になり、プラズマ状態に励起され、低ポテンシャル状態に移る際にEUV光ELを放出する。なお、レーザプラズマ光源16は、テプターゲットに限られるものではなく、ガスジェットターゲット等、他の方式であっても良い。また、レーザプラズマ光源16の代わりにSORを用いても良い。

【0023】このようにして発生したEUV光ELは全方位に発散するため、これを集光する目的で、光源装置12内には放物面鏡PRMが設けられており、この放物面鏡PRMによってEUV光ELは集光されて平行光束に変換されるようになっている。この放物面鏡PRMの内表面にはEUV光を反射するためのEUV光反射層が形成されており、その裏面には冷却装置26が取り付けられている。冷却装置26としては冷却液体を用いるものが冷却効率の点からは好ましいが、これに限定されるものではない。放物面鏡PRMの素材は熱伝導の点から金属が適している。放物面鏡PRMの表面に形成されているEUV光反射層として、2種類の物質を交互に積層した多層膜を用いることにより、特定の波長の光のみを反射することが知られている。例えば、モリブデンMoと珪素Siを数十層コーティングすると波長約13.4nmのEUV光を選択的に反射し、モリブデンとベリリウムとを交互に数十層コーティングした多層膜は波長約11.5nmのEUV光を選択的に反射することが知られている。反射されない波長の光は多層膜等により吸収されて熱に変わるため、放物面鏡PRMの温度が上昇する。この放物面鏡PRMを冷却するために、前記冷却装置26が必要となるのである。放物面鏡PRMによって平行光に変換されたEUV光ELは、その光軸に垂直な断面形状が円形で、強度分布が一樣な平行光である。

【0024】光源装置12内には、更に、上記の平行光に変換されたEUV光ELを反射して図1の折り返しミラーMの方向に向けて偏向する照明ミラーIMと、この照明ミラーIMのEUV光ELの進行方向後方側（図2における紙面右側）に配置された波長選択窓30とが設けられている。照明ミラーIMは、EUV光ELが照射される側の面が曲面とされ、その曲面の表面には、2種類の物質を交互に積層（例えば、モリブデンMoと珪素Siを数十層コーティング）した多層膜から成る反射層が形成され、この反射層で反射されたEUV光がレチクルR上で丁度細長いスリット状になるよう設計されている。

【0025】図2の紙面内上下方向が後述するレチクルRのパターン面を照明する後述する所定面積を有する円弧状の照明領域（リング状照明領域の一部を取り出したような形状の照明領域）の長手方向に直交する方向に対

応し、レチクルRのパターン面が丁度焦点面となっている。この場合、EUV光ELの発光源が有限の大きさを持つため、レチクルRのパターン面が焦点面になっているといってもその焦点面上ではEUV光ELは1mmから10mm程度の幅を有する。従って、円弧状の照明領域を照明するのに細すぎるということは無い。照明ミラーIMの反射面の裏面側には、前述した冷却装置26と同様の冷却装置28が設けられている。

【0026】前記波長選択窓30は、ここでは、可視光をカットする目的で設けられている。これは、多層膜から成るEUV反射膜は、EUV光近辺の波長に対してはかなり鋭い波長選択性を持ち、露光に用いる特定の波長のみを選択的に反射するが、可視光や紫外光なども同様に反射してしまう。これをレチクルRや投影光学系POに導いたりすると、余計なエネルギーのためにレチクルRや投影光学系POを構成するミラー（これらについては後述する）が発熱したり、最悪の場合にはウエハW上に不要な光が転写されて像の劣化を招くおそれもあるため、かかる事態の発生を防止しようとするものである。

【0027】図3には、図2に示される光源装置12をY方向一侧（図2における左側）から見た状態が示されている。この図3においては、紙面の奥側に図1に示した折り返しミラーMがある。照明ミラーIMの反射面は図3には表れていないが、図3の紙面奥側からみた場合に長方形状をしている。すなわち、図2では凹曲面、この左側面図である図3では長方形であるから、照明ミラーIMの反射面は、円筒の内周面の一部と同様の形状をしていることになる。この場合、EUV光ELは、図2の紙面内では収束されるが、図3の紙面内では平行光のままであるから、図3中の左右方向の長さが後述する円弧状照明領域の長手方向の長さとなる。なお、平行と言っても前述の通り光源の大きさが有限であるため、空間的コヒーレンシーがゼロと言うわけではない。

【0028】図1に戻り、前記レチクルステージRSTは、図1では図示が省略されているが、実際には図4に示されるように、XY平面に沿って配置されたレチクルステージベース32上に配置され、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ（駆動装置）34によって該レチクルステージベース32上に浮上支持されている。このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってY方向に所定ストロークで駆動されるとともに、X方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動されるようになっている。また、このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってZ方向、及びXY面に対する傾斜方向（X軸、Y軸回りの回転方向）にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

【0029】レチクルステージRSTの周辺部の底部には、永久磁石（図示省略）が設けられており、この永久磁石とレチクルステージベース32上にXY2次元方向

に張り巡らされたコイル34aとによって前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34が構成されており、制御装置（図示なし）によってコイル34aに流す電流を制御することによってレチクルステージRSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

【0030】レチクルステージRSTは、図4に拡大して示されるように、レチクルRをレチクルステージベース32に対向して保持するレチクルホルダ（保持機構）RHと、レチクルホルダRHの周辺部を保持するステージ本体35と、ステージ本体35の内部でレチクルホルダRHの背面側（上面側）に設けられ該レチクルホルダRHの温度をコントロールするための温度制御部36とを備えている。前記レチクルホルダRHとしては、静電チャック式のレチクルホルダが用いられている。これは、EUV光ELを露光光として用いる関係から、本実施形態の露光装置10は、実際には、不図示の真空チャンバ内に収容されており、このため真空チャック式のレチクルホルダは使用できないからである。レチクルホルダRHの素材は低膨張ガラスやセラミックなど従来のDUVまたはVUV露光装置で使用されている物で差し支えない。

【0031】レチクルホルダRHのレチクル吸着面には、複数の温度センサ38が所定間隔で配置されており、これらの温度センサ38によってレチクルRの温度が正確に測定され、この測定温度に基づいて温度制御部36でレチクルRの温度を所定の目標温度に保つような温度制御を行う。この温度制御部36を構成する冷却装置としては、外部からフレキシブルなチューブを介して冷却液体を引き込む形の液冷式や、ペルチェ素子のような電子素子を用いる方式、さらにはヒートパイプ等の熱交換器を用いる方式などが採用できる。

【0032】レチクルRの表面（パターン面）には、EUV光を反射する反射膜が形成されている。この反射膜は、例えば2種類の物質を交互に積層させた多層膜である。ここでは、モリブデンMoと珪素Siの多層膜を用いて波長13.4nmのEUV光に対して反射率約70%の反射膜を形成している。かかる反射膜の上にEUV光を吸収する物質を一面に塗布し、パタニングする。多層膜のような反射物体をパタニングすると失敗した時の修復が不可能であるのに対し、吸収層を設けてパタニングする方法だとやり直しが可能になるのでパターン修復が可能になる。実在する大部分の物質がEUV光を反射しないため、吸収層に用いることができる。本実施形態では、後述するように、レチクルRのZ方向位置を計測するために、レーザ干渉計（RIFZ1～RIFZ3）が用いられるため、これらのレーザ干渉計からの測定ビーム（可視領域の光）に対して前記反射層と同程度の反射率が得られるような物質により吸収層が形成されている。この他、この吸収層形成材料の選択の基準としてパ

10

20

30

40

50

タニングのし易さ、反射層への密着性、酸化などによる経年変化が小さいなどが挙げられる。

【0033】図5には、レチクルRの一例が示されている。図中の中央にある長方形の領域がパターン領域PAである。斜線が施された円弧状の領域が露光光であるEUV光ELが照射される円弧状照明領域IAである。ここで、円弧状の照明領域を用いて露光を行うのは、後述する投影光学系POの諸収差が最も小さい領域のみを使用できるようにするためである。また、レチクルRのパターン領域PAのX方向両端部には、Y方向に沿って所定間隔で位置合わせマークとしてのレチクルアライメントマークRM1～RM6が形成されている。レチクルアライメントマークRM1とRM4、RM2とRM5、RM3とRM6は、それぞれほぼX方向に沿って配置されている。

【0034】図5から明らかなように円弧状の照明領域IAを用いる場合には、一括露光（静止露光）を行うのは現実的でないため、本実施形態では後述するようにして走査露光が行われる。

【0035】レチクルRは、前述したようにその表面に反射層が形成されるため、レチクルRそのものの素材は特に問わない。レチクルRの素材としては、例えば低膨張ガラス、石英ガラス（例えば、ショット社のゼロデュア（商品名）、コーニング社のULE（商品名）、フッ素がドーピングされた合成石英なども含む）、セラミックス、シリコンウエハなどが考えられる。この素材の選択の基準として、例えばレチクルホルダRHの素材と同一の素材をレチクルRの素材として用いることが挙げられる。かかる場合には、露光用のEUV光ELの照射等による温度上昇に起因してレチクルRやレチクルホルダRHに熱膨張が生じるが、両素材が同一であれば同一量だけ膨張するので、両者の間にずれようとする力（熱応力）が働かないというメリットがある。これに限らず、異なる物質であっても同じ線膨張率を持った物質をレチクルRとレチクルホルダRHとの素材として用いれば、同じ効果が得られる。例えば、レチクルRにシリコンウエハ、レチクルホルダRHにSiC（炭化珪素）を用いることが考えられる。レチクルRの素材としてシリコンウエハを用いると、パターン描画装置やレジスト塗布装置、エッチング装置などのプロセス装置などがそのまま使用できるという利点もある。本実施形態では、かかる理由により、レチクルRの素材としてシリコンウエハを用い、レチクルホルダRHをSiCによって形成している。

【0036】そして、図6に示すように、前記レチクルホルダRHのレチクル吸着面には、レチクル表面変形機構（変形手段）RTが備えられている。レチクル表面変形機構RTは、レチクル表面に沿った面内に多数配列された吸着ピン37から構成されている。各吸着ピン37は、レチクルRの背面を静電吸着するものであり、これ

は、例えばピエゾ素子等のアクチュエータ（図示なし）によって、Z軸方向、つまりレチクルRの表面に略直交した方向に進退駆動されるようになっている。これにより、レチクル表面変形機構RTは、多数の吸着ピン37でレチクルRを背面側で保持するとともに、一部の吸着ピン37をアクチュエータ（図示なし）でZ軸方向に駆動させることによって、レチクルRのパターン面をZ軸方向に部分的に変形させることができる構成となっている。

【0037】また、各吸着ピン37は、レチクルRの表面と平行な方向にも微動可能となっている。

【0038】レチクル表面変形機構RTで吸着ピン37をZ軸方向に駆動させてレチクルRの一部分のみを変形させると、投影光学系POがレチクルR側において非テレセントリックであるため、図7に示すように、変形によりZ軸方向に変位した部分においては、円弧状照明領域IAに対応するウエハW上における円弧状の露光領域SA（図13参照）での転写位置が、円弧状の領域の中心に対して放射方向にシフトする（ずれる、移動する）ことになる。これは、EUV光ELが投影光学系POの諸収差の最も小さい領域のみを使用できるように、投影光学系POを構成する光学素子（ミラー）の中心から同心円上位置（光学的特性が均一に設計される）を介して照明されるよう、円弧状照明領域IAが設定されているからである。

【0039】ここで、レチクル表面変形機構RTによるレチクルRの変形と、転写位置のシフトとを検討してみると、例えば、図8において、入射角 θ （＝出射角 θ ）を50mradとすれば、レチクルRのパターン面のZ方向の変位 ΔZ に対するレチクルRに描かれた回路パターンの横ずれ ε は次式（1）で表わされる。

$$\varepsilon = \Delta Z \cdot \tan \theta \quad \dots\dots (1)$$

この式（1）から、例えばレチクルRが図8の上下方向（Z方向）に1 μ m変位した場合、レチクルパターン面における像の横ずれは約50nmとなり、投影光学系POの投影倍率を例えば4：1とすると、ウエハW上では、その4分の1の12.5nmの像シフトが生ずることがわかる。レチクル表面変形機構RTではこの像シフトを用いて像補正を行うのである。

【0040】図4に示したように、レチクルRの下方（EUV光の入射側）には可動式ブラインド42と、視野絞りとしてのスリット板44とが、レチクルステージベース32の内部に、レチクルRに近接して配置されている。

【0041】スリット板44は、円弧状の照明領域IAを規定するもので、投影光学系POに対して固定されていても勿論良いが、本実施形態においては、このスリット板44は、モータ等を含む切替機構としての駆動機構46によって駆動可能に構成されている。図9には、このスリット板44及びその駆動機構46の平面図が示さ

れている。スリット板44には、露光光としてのEUV光ELが照射されるレチクルR上の円弧状の照明領域

(第1照明領域)1Aを規定する第1開口としての第1スリット44aと、図5に示したレチクルRのパターン領域PAの両側に形成されたアライメントマークRM1とRM4(あるいは、RM2とRM5、RM3とRM6)部分に露光用のEUV光ELが照射される第2照明領域を規定する第2開口としての第2スリット44bとを有する。

【0042】図4に戻り、前記可動式ブラインド42は、同一レチクルR内に描かれた冗長回路パターンをウエハWに転写したくない場合、その冗長回路部分が照明領域1A内に含まれるのを防止するためのもので、本実施形態では、駆動機構46によってレチクルステージRSTのY方向の移動と同期してそのY方向の移動が制御されるようになっている。この場合において、可動式ブラインド42の始動は、レチクルRが走査し始めてからレチクルRと同じように走査し始めても良いし、目標の隠すべきパターンが差し掛かるのに合わせて動き始めても良い。

【0043】図1に戻り、前記投影光学系POは、前記の如く、複数枚、例えば3~6枚程度の反射光学素子(ミラー)のみから成り、像面側のみがテレセントリックな反射光学系が使用されており、ここでは、投影倍率1/4倍のものが使用されている。従って、レチクルRによって反射され、レチクルRに描かれたパターン情報を含むEUV光ELは、投影光学系POによって4分の1に縮小されてウエハW上に照射される。

【0044】ここで、投影光学系POについて図10を用いてより詳細に説明する。投影光学系POは、レチクルRで反射されたEUV光ELを順次反射する第1ミラーM1、第2ミラーM2、第3ミラーM3、第4ミラーM4の合計4枚のミラー(反射光学素子)と、これらのミラーM1~M4を保持する鏡筒PPとから構成されている。前記第1ミラーM1及び第4ミラーM4の反射面は非球面の形状を有し、第2ミラーM2の反射面は平面であり、第3ミラーM3の反射面は球面形状となっている。各反射面は設計値に対して露光波長の約50分の1から60分の1以下の加工精度が実現され、RMS値(標準偏差)で0.2nmから0.3nm以下の誤差しかない。各ミラーの素材は低膨張ガラスあるいは金属であって、表面にはレチクルRと同様の2種類の物質を交互に重ねた多層膜によりEUV光に対する反射層が形成されている。

【0045】この場合、第1ミラーM1で反射された光が第2ミラーM2に到達できるように、第4ミラーM4には穴が空けられている。同様に第4ミラーM4で反射された光がウエハWに到達できるよう第1ミラーM1には穴が設けられている。勿論、穴を空けるのではなく、ミラーの外形を光束が通過可能な切り欠きを有する形状と

しても良い。

【0046】図1に戻り、前記ウエハステージWSTは、XY平面に沿って配置されたウエハステージベース60上に配置され、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ(駆動装置)62によって該ウエハステージベース60上に浮上支持されている。このウエハステージWSTは、前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によってX方向及びY方向に所定ストロークで駆動されるとともに、θ方向(Z軸回りの回転方向)にも微小量駆動されるようになっている。また、このウエハステージWSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によってZ方向、及びXY面に対する傾斜方向(X軸、Y軸回りの回転方向)にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

【0047】ウエハステージWSTの底面には、永久磁石(図示省略)が設けられており、この永久磁石とウエハステージベース60上にXY2次元方向に張り巡らされたコイル(図示省略)とによって前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62が構成されており、後述する制御装置(図示なし)により前記コイルに流す電流を制御することによってウエハステージWSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

【0048】ウエハステージWSTの上面には、静電チャック方式の不図示のウエハホルダが載置され、該ウエハホルダによってウエハWが吸着保持されている。また、このウエハステージWSTの図1におけるY方向他側の側面には鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面74aが形成されている。また、図1では図示が省略されているが、図11に示されるように、ウエハステージWSTのX方向一側の側面にも鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面74bが形成されている。

【0049】ウエハステージWST上面の一端部には、レチクルRに描画されたパターンがウエハW面上に投影される位置と、アライメント光学系ALGの相対位置関係の計測(いわゆるベースライン計測)等を行うための空間像計測器FMが設けられている。この空間像計測器FMは、従来のDUVまたはVUV露光装置、すなわち、KrFエキシマレーザ又はArFエキシマレーザを用いる露光装置の基準マーク板に相当するものである。

【0050】図12(a)、(b)には、この空間像計測器FMの平面図、縦断面図がそれぞれ示されている。これらの図に示されるように、空間像計測器FMの上面には、開口としてのスリットSLTが形成されている。このスリットSLTは、ウエハステージWSTの上面に固定された所定厚さの蛍光発生物質63の表面に形成されたEUV光の反射層64にパターンニングされたものである。なお、反射層64に代えてEUV光の吸収層を設け、この吸収層に開口を形成してもよい。

【0051】前記スリットSLTの下方のウエハステー

ジWSTの上面板には、開口66が形成されており、この開口66に対向するウエハステージWSTの内部には、フォトマルチプライヤ等の光電変換素子PMが配置されている。従って、投影光学系POを介して上方から空間像計測器FMにEUV光ELが照射されると、スリットSLTを透過したEUV光が蛍光発生物質63に到達し、該蛍光発生物質63がEUV光に比べて波長の長い光を発する。この光が光電変換素子PMによって受光されその光の強度に応じた電気信号に変換される。この光電変換素子PMの出力信号も制御装置（図示なし）に供給されるようになっている。

【0052】この露光装置10では、図11に示したような干渉計システム70によって、投影光学系POに対するその位置が正確に測定されるようになっている。この干渉計システム70は、レチクルステージRSTのXY面内の位置を計測する4つのレーザ干渉計RIFX1、RIFX2、RIFY1、RIFY2と、ウエハステージWSTのXY面内の位置を計測する4つのレーザ干渉計WIFX1、WIFX2、WIFY1、WIFY2とを含んで構成されている。

【0053】干渉計RIFX1、RIFX2、RIFY1、RIFY2、WIFX1、WIFX2、WIFY1、WIFY2は、レチクルステージRSTの反射面40a、40bあるいはウエハステージWSTの反射面74a、74bに、計測ビーム（図中、干渉計の符号の末尾に「M」を付した符号を付してある。例えば干渉計RIFX1の計測ビームは符号「RIFY1M」）を投射するとともに、投影光学系POの鏡筒PPに取り付けられた固定鏡（参照鏡）72a（図1参照）、72b、76a、76bに、参照ビーム（計測ビームと同様、干渉計の符号の末尾に「R」を付してある。例えば干渉計RIFX1の参照ビームは符号「RIFY1R」）を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビームの投射位置での固定鏡72a、72b、76a、76bに対するレチクルステージRSTあるいはウエハステージWSTのY方向、X方向の相対位置を計測する。そして、これら干渉計RIFX1、RIFX2、RIFY1、RIFY2、WIFX1、WIFX2、WIFY1、WIFY2の計測値に基づき、レチクルステージRSTあるいはウエハステージWSTの位置および回転角を計測する。そして、干渉計システム70での計測結果に基づき、レチクルステージRSTおよびウエハステージWSTの姿勢制御を自動的に行うのである。

【0054】図1に戻り、上記8つの干渉計の全ての計測の基準となる投影光学系POの鏡筒PPには、レチクルRのZ方向（第1軸方向）の位置を計測する計測装置としてのレチクル面測定用レーザ干渉計RIFZが設けられている。このレーザ干渉計RIFZは、実際には、図11に示されるように、レーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3の3つが所定間隔で配置され、鏡

筒PPに固定されているが、図1（及び図4）では、これらが代表的にレーザ干渉計RIFZとして示されている。

【0055】図1に示したように、これらのレーザ干渉計RIFZ1～RIFZ3からの測定ビームは、折り返しミラーMを介して所定の入射角 θ でレチクルRのパターン面に投射される露光用のEUV光ELの照射領域、すなわち円弧状の照明領域IA内の異なる3点に、露光用のEUV光ELの入射光路と出射光路（反射光路）の中心となるZ方向と平行な光路を通してレチクルRのパターン面に投射されるようになっている（図1及び図4参照）。このため、レーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3は、レチクルRのパターン面に所定の入射角 θ で斜めから入射し、入射角と同一の出射角で反射される露光用のEUV光ELに影響を及ぼすことなく、かつ露光用のEUV光ELによって干渉計測定ビームが影響を及ぼされることなく、高精度（例えば、数nm～1nm以下の精度）でレチクルRのZ方向位置を計測することが可能になっている。

【0056】そして、レチクル面測定用レーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3の少なくとも1つにより計測された所定の調整用位置情報に基づいて、露光中（レチクルパターンの転写中）の投影光学系POとレチクルRのパターン面との間隔が常に一定に保たれるように、図4に示した磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を制御してレチクルRの投影光学系POの光軸方向（第1軸方向、Z方向）の位置を調整しつつ、レチクルステージRSTと基板ステージWSTとをY軸方向（第2軸方向）に沿って同期移動させるようになっている。

【0057】この一方、図1に示したように、鏡筒PPを基準とするウエハWのZ方向位置は、投影光学系POに固定された斜入射光式のフォーカスセンサ14によって計測されるようになっている。このフォーカスセンサ14は、鏡筒PPを保持する不図示のコラムに固定され、ウエハW面に対し斜め方向から検出ビームFBを照射する送光系14aと、同じく不図示のコラムに固定され、ウエハW面で反射された検出ビームFBを受光する受光系14bとから構成される。このフォーカスセンサとしては、例えば特開平6-283403号公報等に表示される多点焦点位置検出系が用いられている。このフォーカスセンサ14（14a、14b）は鏡筒PPと一体的に固定されることが重要である。このフォーカスセンサ（14a、14b）によって、ウエハW表面と投影光学系POの間隔、XY平面に対する傾斜が計測され、それに基づいて磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62を介してウエハW表面と投影光学系POとの間隔、平行度が常に一定になるようにウエハステージWSTが制御されるようになっている。

【0058】さらに、本実施形態では、投影光学系PO

の側面に、前記アライメント光学系ALGが固定されている。このアライメント光学系ALGとしては、ブロードバンド光をウエハW上のアライメントマーク（または空間像計測器FM）に照射し、その反射光を受光して画像処理方式によりマーク検出を行う結像式アライメントセンサ、レーザ光を格子マークに照射して回折光を検出するLIA（Laser Interferometric Alignment）方式のアライメントセンサやAFM（原子間力顕微鏡）のような走査型プローブ顕微鏡等種々のものを用いることができる。

【0059】次に、上述のようにして構成された本実施形態に係る露光装置10による露光工程の動作について説明する。

【0060】まずは、投影光学系POのディストーションを計測手段で計測する。ここで用いる計測手段としては、ウエハステージWST上に設けられた空間像計測器FMがある。この空間像計測器FMでディストーションを計測するには、駆動機構46によりスリット板44を露光用のEUV光ELが第2スリット44bを照射可能な位置（第2位置）へ切り替える。次いで、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62、34を介してウエハステージWST及びレチクルステージRSTの位置を制御して、レチクルR上に描画されたレチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6を順次各2つ露光用のEUV光ELで照射するとともに、レチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6のウエハW面上への投影像を空間像計測器FMで検出することにより、レチクルパターン像のウエハW面上への投影位置を求める。そして、レチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6の投影像の位置と、それぞれの設計位置との比較（差）によって、ディストーションを計測する。

【0061】これ以外にも、計測手段として、レチクルR上のレチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6をダミーウエハ上に試し焼きし、そのウエハを現像して得られるレジストパターンの位置を計測し、レチクルRと比較することでディストーションを定量的に求める方法も採用可能である。

【0062】このようにして計測したディストーションに基づき、レチクルRにおける補正すべき部分とその補正量を決定する。そして、その補正量に応じて、レチクル表面変形機構RTの所定の位置の吸着ピン37をZ軸方向に駆動させ、レチクルRにおいて補正すべき部分のみを変形させる。

【0063】このとき、各吸着ピン37は、レチクルRの表面と平行な方向にも微動可能となっているので、レチクルRの変形により、その背面に吸着している吸着ピン37が横方向に微小寸法引っ張られることになるが、これを許容することができ、レチクルRのズレ等を防止

できるようになっている。なお、吸着ピン37の駆動によりレチクルRの一部分を変形させるときには、変形させる部分よりもレチクルRの外周側に位置する他の吸着ピン37における静電吸着を一旦解除し、駆動の完了後に再吸着させるようにしても良い。これにより、変形時にレチクルRが横に引っ張られることもなく、精度良くレチクルRを変形させることができる。さらに言えば、吸着ピン37でレチクルRを変形させるときには、レチクルRの中心部から外周側に向けて順次吸着ピン37を駆動させるようにし、このとき、前記したように、駆動すべき吸着ピン37の外周側に位置する吸着ピン37においては一旦静電吸着を解除するようにしても良い。

【0064】一方、レチクルRのZ方向位置を計測するレーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3において、レチクルRが所定量だけ変位したかどうかの検証を行い、フィードバック制御を行う。

【0065】このようにしてレチクルRを補正した状態で、EUV光ELで露光を行う。すると、レチクルRがZ軸方向に変位した部分においては、円弧状照明領域IAに対応するウエハW上での円弧状の露光領域SA（図13参照）での転写位置が、円弧状の領域の中心から放射方向に沿った方向にシフトするため、ウエハW上における投影像のディストーションが補正された状態で、露光が行われることになる。この露光工程をより具体的に説明すると、前記干渉計システム70からの位置情報をモニタしつつ、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62を介してウエハステージWSTを第1ショットの走査開始位置に位置決めするとともに、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を介してレチクルステージRSTを走査開始位置に位置決めして、その第1ショットの走査露光を行う。この走査露光に際し、制御装置（図示なし）では磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34、62を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとの速度比が投影光学系POの投影倍率に正確に一致するように両ステージの速度を制御し、両ステージのかかる速度比の等速同期状態にて露光（レチクルパターンの転写）が行われる。こうして第1ショットの走査露光が終了すると、ウエハステージWSTを第2ショットの走査開始位置へ移動させるショット間のステッピング動作を行う。そして、その第2ショットの走査露光を上述と同様にして行う。この場合、レチクルステージRSTを戻す動作を省略してスループットの向上を図るべく、第1ショットと第2ショットとの走査露光の方向は反対向きで、すなわち第1ショットの露光がY軸上の一侧から他側の向きで行われた場合には第2ショットの露光は他側から一侧の向きで行われる。すなわち交互スキャンが行われる。このようにして、ショット間のステッピング動作とショットの走査露光動作とが繰り返され、ステップアンドスキャン方式でウエハW上の全てのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。図

10

20

30

40

50

13には、このようにして、レチクルパターンがウエハW上の複数ショット領域Sに転写される様子が示されている。図13の場合は、1枚のウエハから効率良く完全な形のショットが得られるよう、一行内に収めるショット数を適宜偶数、奇数としている。なお、走査方向に関するレチクルパターンの転写像とショット（既に形成されているパターン）との倍率誤差を補正する場合は、走査露光中のレチクルステージRSTとウエハステージWSTとの速度比を、投影光学系POの投影倍率と異ならせることもある。

【0066】上述した露光装置10および露光方法では、レチクルホルダRHにレチクル表面変形機構RTを備え、投影光学系POを介してウエハW上に転写される像のディストーションを、例えば空間像計測器FM等の計測手段で計測し、その計測結果に基づいて、レチクルホルダRHで保持したレチクルRのパターン面の、ディストーションが生じている部分をZ軸方向に変形させる構成となっている。これにより、略円弧スリット状の円弧状照明領域IAの放射方向に像が変位し、ウエハW上での像をディストーションを打ち消す方向に移動させることができ、ディストーションが生じている部分のみを補正することができる。したがって、結果的に重ね合わせ精度を向上させることが可能となる。

【0067】また、上記露光装置10および露光方法では、露光光を略円弧スリット状のEUV光ELとし、反射型のレチクルRおよび反射型光学素子のみからなる投影光学系POを介してウエハWにレチクルRのパターンを転写する構成となっており、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを投影光学系POの倍率に応じた速度比で同期移動させることによって、スキヤンアンドリピート方式で露光を行う構成となっている。このような露光装置10において上記誤差補正機能を備えることにより、非常に微細なパターン、例えば100nmまたはそれ以下のL/Sパターンの高精度な転写が十分に可能となる。

【0068】さらに、レチクル表面変形機構RTが、レチクルRを保持する複数の吸着ピン37と、各吸着ピン37をZ軸方向に進退駆動させる例えばピエゾ素子等のアクチュエータとを備えた構成となっている。これにより、レチクルRの一部のみをZ軸方向に変形させることが可能となり、ディストーション補正を確実に行うことが可能となる。また、このように複数の吸着ピン37からなる、いわば剣山状のレチクル表面変形機構RTを用いることにより、高い空間周波数帯のディストーション等も確実に補正することが可能となる。

【0069】そして、上記露光方法では、予め、ウエハW上に転写される像のディストーションを空間像計測器FM等の計測手段で計測し、その結果に基づいてレチクル表面変形機構RTで像を補正した後、パターンをウエハW上に転写する構成となっている。このように、露光

装置10の設置時等に、投影光学系POのキャリブレーションを行うことにより、以降の露光を精度良く行うことができる。

【0070】また、上記したような構成の露光装置10および露光方法では、投影光学系POのディストーションだけでなく、レチクルRの描画誤差を補正することも可能である。一般にレチクルRのパターン描画は電子ビームによって行われるが、電子ビームは温度変化等によりビームの位置が時間とともに変動するため、その近傍のパターンは位置ズレする可能性が高い。このようなレチクルRの描画誤差についても、上記ディストーション補正と同様に補正を行うことが可能である。この他、レチクルRはレチクルホルダRHにおいて背面側でチャックされるため、レチクルRの厚さの分布がそのままレチクルR表面の平面度の誤差として表れるが、この誤差による像のズレも、同様に補正することができる。さらに、ウエハWは、パターンを重ね焼きする場合、熱処理時にウエハWが変形し、これによってウエハW上の像が変形することもあるが、この像に重ね合わせて露光を行うに際し、変形した像に合わせてレチクルR側を変形させて補正することも可能である。

【0071】これ以外にも、ウエハWは、一つのパターン中におけるパターン密度の疎密により、ウエハWの膜が受けるストレスの分布が異なり、その結果、高い空間周波数帯の歪みが起きることがある。このウエハWの歪みをアライメント光学系（検出手段）ALGで検出し、検出結果に基づいてレチクル表面変形機構RTでレチクルRを変形させ、補正を行うこともできる。

【0072】この他、レチクル表面変形機構RTでレチクルRを変形させたときには、レーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3において、レチクルRが所定量だけ変位したかどうかの検証を行い、フィードバック制御を行うようにしたので、補正をより確実に行うことができる。

【0073】また、上記レチクル表面変形機構RTにおいて、全ての吸着ピン37を一様にZ軸方向に変位させればレチクルRの投影倍率を変動させることが可能であるため、これをレチクルステージRSTにおける倍率補正機構として用いることも可能である。

【0074】加えて、上述したような露光装置10及び露光方法を用い、ウエハWにレチクルRのパターン（デバイスパターン）を転写してデバイスを製造することにより、レチクルRが補正されて本来の精度を維持した状態で、デバイスパターンがウエハWに転写されることになる。したがって、所定の品質のデバイスを安定して製造することが可能となる。

【0075】なお、上記実施の形態では、吸着ピン37を駆動するアクチュエータとしてピエゾ素子を一例に挙げたが、応答性に優れ、かつレチクルRを上記したような例えば1μmといった精度で駆動することができるの

であれば、適宜他のものを採用しても良い。また、多数本の吸着ピン37に代えて、長方形の吸着面を有する吸着部材を複数本並べて配設する構成としても良い。この場合、吸着部材は、円弧状照明領域IAの短手方向に長辺が延在するようにする。露光装置10では、走査露光を行うときに円弧状照明領域IAの短手方向に沿ってレチクルRが走査されるため、前記長方形の吸着部材によっても上記と同様にしてディストーション補正を行うことが可能である。

【0076】なお、上記実施の形態において、以下のような構成とすることも可能である。すなわち、図14に示すように、露光時に、レチクルステージRSTでレチクルRのパターン面をEUV光ELに対して移動させつつ、EUV光ELが照射されている円弧状照明領域IAにおいて、レチクルRをレチクル表面変形機構RTで順次変形させるのである。より具体的には、EUV光ELが照射されるまでは各吸着ピン37を原位置あるいは所定の位置に固定しておき、EUV光ELの照射の直前に、所定の吸着ピン37のみをZ軸方向に変位させてレチクルRを部分的に変形させ、EUV光ELが通り過ぎて円弧状照明領域IAから外れた時点で、吸着ピン37を元の位置に戻す。このような露光方法においても、上記と同様の効果を得ることが可能である。

【0077】また、上記実施の形態においては、EUV光ELを円弧状照明領域IAにおいて照明する構成としたが、例えば投影光学系POを構成するミラーの枚数を増やす等すれば、矩形形状の照明領域を得ることが可能であり、このような場合にも上記と同様の構成が適用可能である。しかしながら、実際には、ミラー枚数を増やすと投影光学系POトータルでの反射率が低下するのでスキャンを遅くしなければならず、スループットの低下につながり、したがって最小限のミラー枚数で投影光学系POを構成するのが好ましい。

【0078】例えば、露光装置10として走査型のものを例に挙げたが、投影光学系がレチクルR側において非テレセントリックであるならば、例えばステップアンドリピート型の露光装置にも本発明の技術を同様に適用することができる。さらに、投影光学系POも、レチクルR側において非テレセントリックであるならば、全反射系、全屈折系、反射屈折系のいずれでも良く、その倍率は、縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれであっても良い。加えて、投影光学系POは像面側のみがテレセントリックであるものとしたが、物体面及び像面の両方がテレセントリックな光学系であっても良い。また、投影光学系POの視野の形状も任意でよい。そして投影光学系POの開口数は、露光波長が13.4nmであるときには、 $N.A. \geq 0.1$ 、望ましくは $N.A. \geq 0.12$ 、露光波長が11.5nmであるときには、 $N.A. \geq 0.8$ 、望ましくは $N.A. \geq 0.1$ であるという。

【0079】また、露光装置10で露光光として用いる光源についても、投影光学系POがレチクルR側において非テレセントリックであるならば、EUV光ELに限らず、ArFエキシマレーザー(193nm)、KrFエキシマレーザー(248nm)、F₂レーザー(157nm)、Ar₂レーザーあるいはYAGレーザーや金属蒸気レーザーの高調波、さらにはイオンビーム等の荷電粒子線を用いることもできる。また、露光装置の種類としては半導体製造用のものに限定されることなく、例えば、角形のガラスプレートに液晶表示素子、又はプラズマディスプレイ等のデバイスパターンを転写する液晶用の投影露光装置や、薄膜磁気ヘッドや撮像素子(CCD)、さらにはレチクル又はマスク等を製造するための露光装置等にも本発明の技術を広く適用することが可能である。

【0080】これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない範囲内であれば、いかなる構成を採用しても良く、また上記したような構成を適宜選択的に組み合わせたものとしても良いのは言うまでもない。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る露光装置によれば、マスクを保持する保持機構に、前記マスクのパターン面側を部分的に変形させる変形手段が備えられた構成となっている。これにより、変形手段でマスクを部分的に変形させてウエハ上での像を、ディストーションを打ち消す方向に移動させることによって、ディストーションを補正することができ、結果的に重ね合わせ精度を向上させることが可能となる。

【0082】請求項2に係る露光装置によれば、変形手段が、マスクを保持する複数のピンと、各ピンをパターン面に略直交する方向に進退駆動させる駆動手段とを備えた構成となっている。これにより、マスクを部分的に変形させることが可能となる。また、このようないわば剣山状の変形手段を用いることにより、高い空間周波数帯のディストーションも確実に補正することが可能となる。

【0083】請求項3に係る露光装置によれば、マスクステージと基板ステージとを、駆動装置で投影光学系の倍率に応じた速度比で同期移動させる構成となっているので、露光装置では走査露光を行うことができる。また、請求項4に係る露光装置によれば、投影光学系が反射光学系で、かつ露光光が略円弧スリット状である構成となっている。そして、請求項5に係る露光装置によれば、露光光をExtreme Ultra Violet光とする構成となっている。これにより、露光装置が、略円弧スリット状のEUV光に対してマスクを走査させることによって、マスクのパターンが反射光学素子のみからなる投影光学系を介して基板上に転写される構成となり、したがって、非常に微細なパターン、例えば100nmまたはそれ以下のL/Sパターン、さらには70nmまたはそれ以下

の孤立パターンの高精度な転写が可能となる。

【0084】請求項6に係る露光装置によれば、基板上に転写される像の誤差を計測手段で計測し、その結果に基づいて変形手段でパターン面を変形させることにより、ディストーションを精度良く補正することができる。

【0085】請求項7に係る露光装置によれば、投影光学系の光軸方向に関するパターン面の位置情報を検出する検出手段を備え、変形手段では検出された位置情報に基づいてパターン面を変形させる構成となっており、これによってもディストーション補正を精度良く行うことができる。

【0086】請求項8に係る露光方法によれば、マスクのパターン面を部分的に変形させて基板上に転写される像を補正する構成となっている。また、請求項9に係る露光方法によれば、基板上に転写される像のディストーションを計測手段で計測し、その結果に基づいて変形手段で像を補正する構成となっている。これにより、ディストーション等が生じている部分に対応した部分を変形手段で部分的に変形させ、ウエハ上での像をディストーション等を打ち消す方向に移動させることによって、ディストーション等が生じている部分のみを補正することができる。したがって、結果的に重ね合わせ精度を向上させることが可能となる。

【0087】請求項10に係る露光方法によれば、基板上に転写される像の誤差を予め計測しておき、その結果に基づいて変形手段で像を補正した後にパターンを基板上に転写する構成となっている。このように、露光装置の設置時等に、投影光学系のキャリブレーションを行うことにより、以降の露光を精度良く行うことができる。

【0088】請求項11に係る露光方法によれば、露光光に対してパターン面を移動させつつ、変形手段で、露光光がパターン面に照射されている部分を順次変形させる構成となっている。これにより、走査露光を行う場合に、走査しながらのレチクルの変形補正を行うことができる。

【0089】請求項12に係る露光方法によれば、投影光学系を反射光学系とし、かつ露光光を略円弧スリット状とし、変形手段でパターン面を変形させることにより、パターン面に対する略円弧スリット状の露光光の照射位置を、円弧スリットの中心部に対し放射方向に変化させる構成となっている。これにより、特にEUV等、レチクル側で非テレセントリックで、反射型光学素子を用いる露光時に、ディストーションの補正を行うことができる。

【0090】請求項13に係るデバイス製造方法によれば、請求項1から7のいずれかに記載の露光装置を用いて、デバイスパターンを感光基板上に転写する工程を含む構成となっている。このような露光装置でデバイスを製造することにより、補正によりマスク本来の精度を維

持した状態で、デバイスパターンが感光基板上に転写されることになる。したがって、所定の品質のデバイスを安定して製造することが可能となる。

【0091】請求項14に係るデバイス製造方法によれば、請求項8から12のいずれかに記載の露光方法を用いて、デバイスパターンを感光基板上に転写する工程を含む構成となっている。このような露光方法を用いてデバイスを製造することにより、補正されてマスク本来の精度を維持した状態で、デバイスパターンが感光基板上に転写されることになる。したがって、所定の品質のデバイスを安定して製造することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る露光装置および露光方法ならびにデバイス製造方法の実施形態における露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】 図1の光源装置の内部を構成を示す図である。

【図3】 図2の光源装置の左側面図である。

【図4】 図1のレチクルステージ近傍の構成各部を詳細に示す図である。

【図5】 レチクルの概略平面図である。

【図6】 レチクルステージに備えたレチクル表面変形機構を示す図であって、前記機構を下方から見た状態での斜視図および断面図である。

【図7】 前記変形機構による像の変位を示す図である。

【図8】 前記像の変位が生じる理由を説明するための図である。

【図9】 図1のスリット板及びその駆動機構の一例を示す平面図である。

【図10】 図1の投影光学系の内部構成を概略的に示す図である。

【図11】 レチクルステージとウエハステージのXY平面内の位置を計測する干渉計システムの構成を説明するための図である。

【図12】 (a)は空間像計測器を示す平面図、(b)は(a)の空間像計測器を示す側面図である。

【図13】 レチクルパターンがウエハ上の複数ショット領域に転写される様子を示す図である。

【図14】 前記レチクル表面変形機構における他の露光方法を示す図である。

【符号の説明】

10 露光装置

34, 62 磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ (駆動装置)

ALG アライメント光学系 (検出手段)

EL EUV光 (露光光)

FM 空間像計測器 (計測手段)

PO 投影光学系

50 R レチクル (マスク)

RH レチクルホルダ (保持機構)

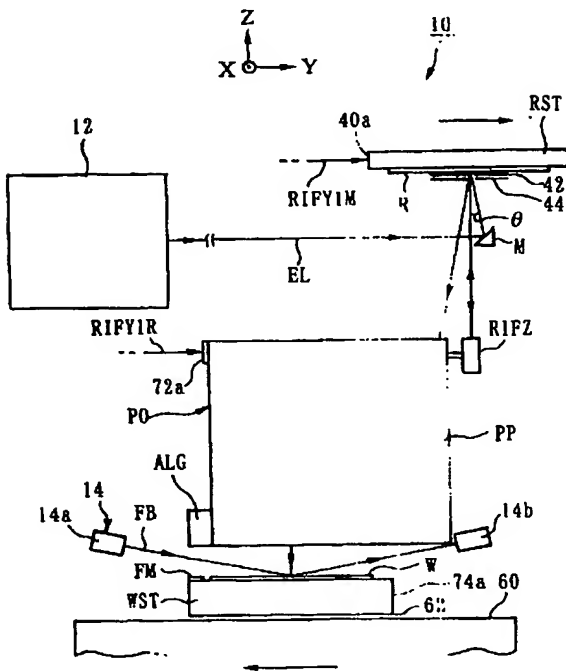
RST レチクルステージ (マスクステージ)

RT レチクル表面変形機構 (変形手段)

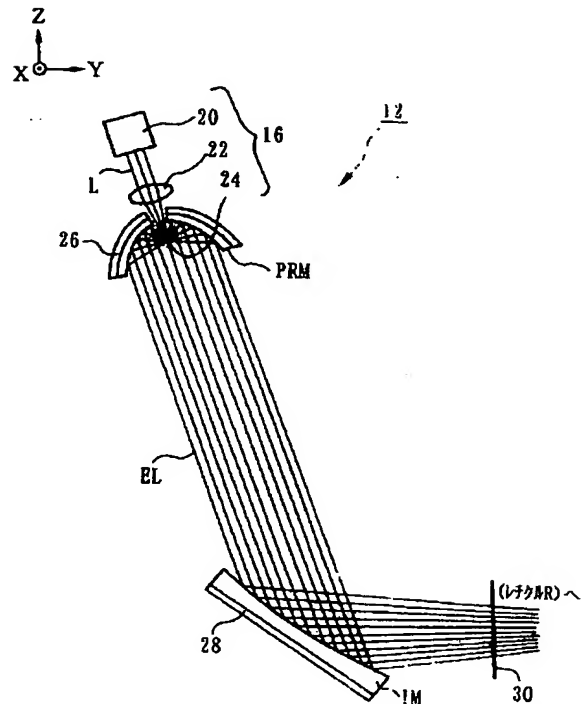
W ウエハ (基板、感光基板)

WST ウエハステージ (基板ステージ)

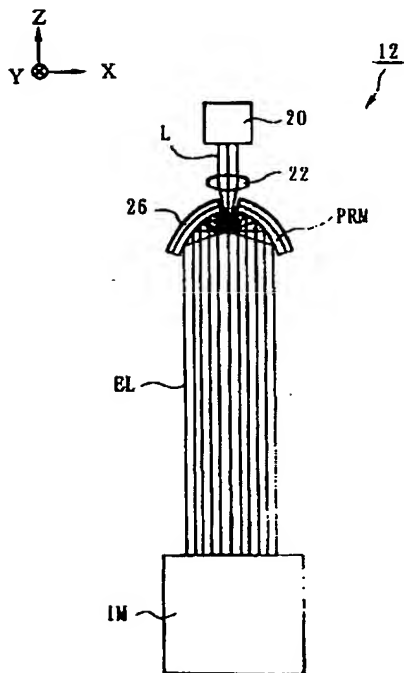
【図1】



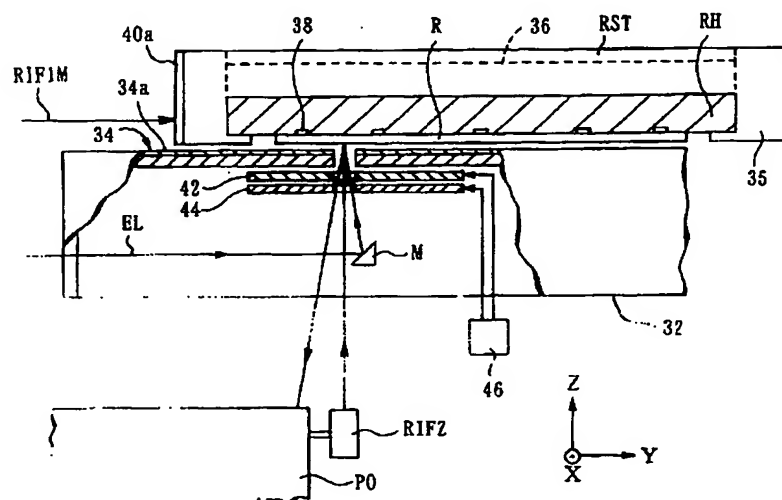
【図2】



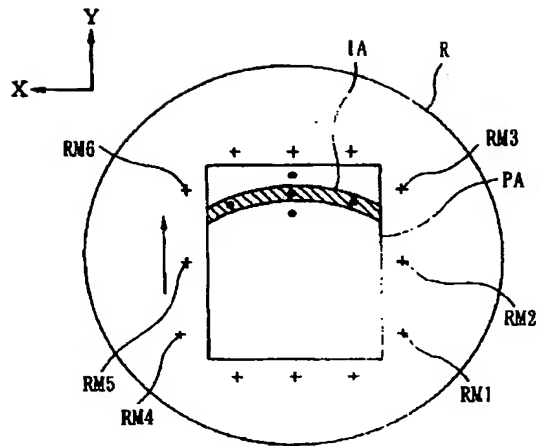
【図3】



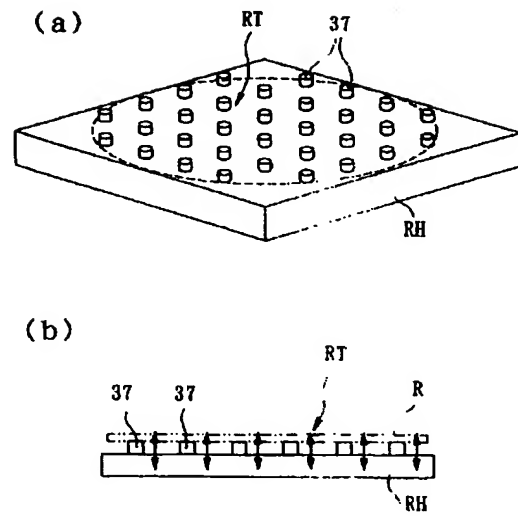
【図4】



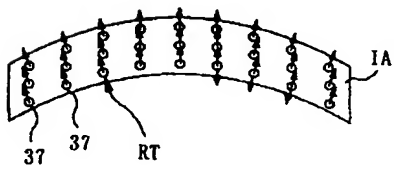
【図5】



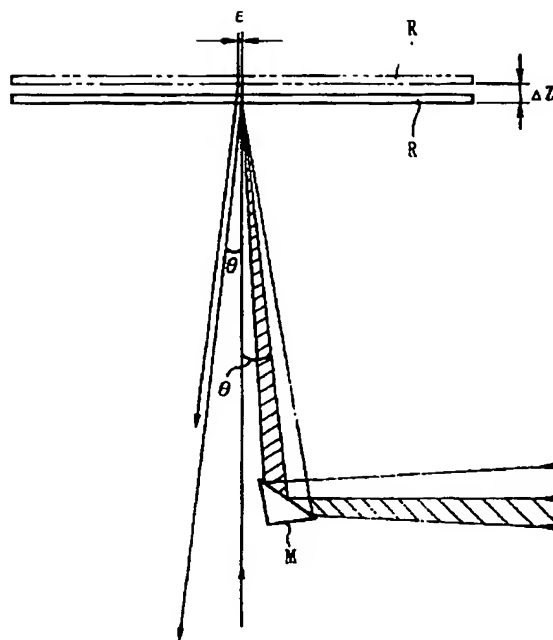
【図6】



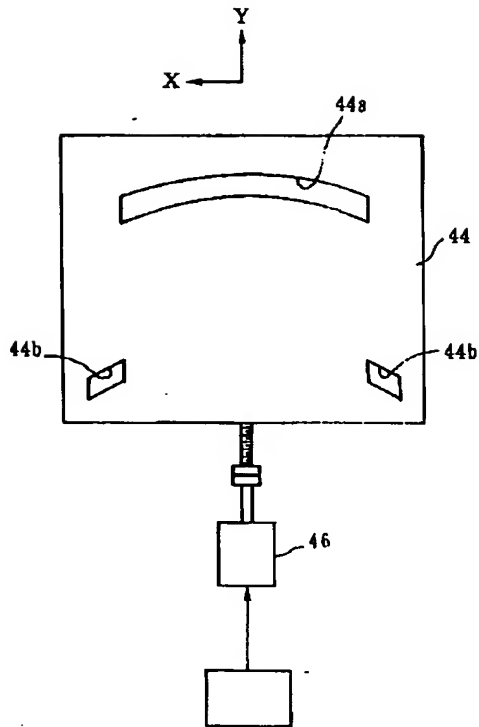
【図7】



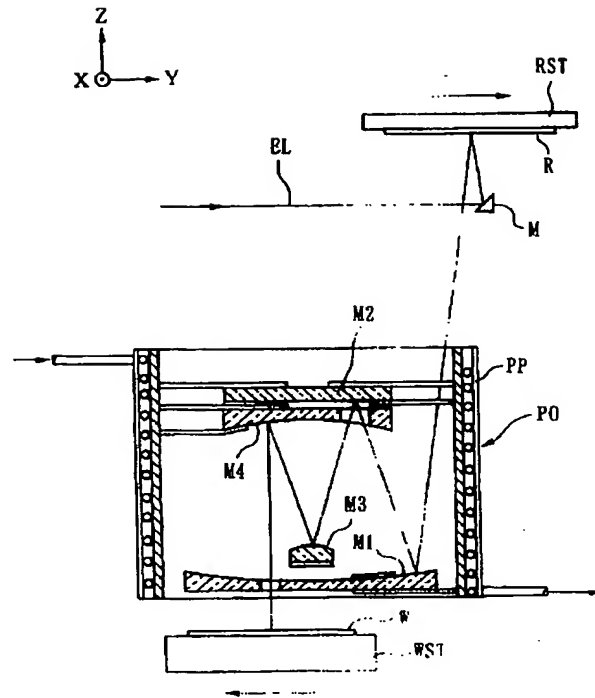
【図8】



【図9】

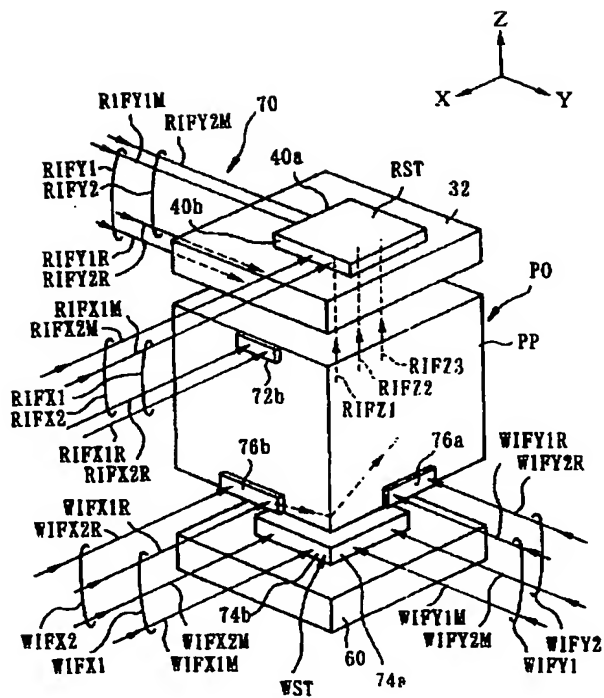


【図10】

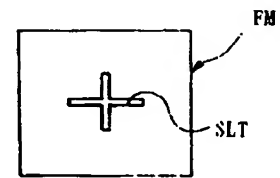


【図12】

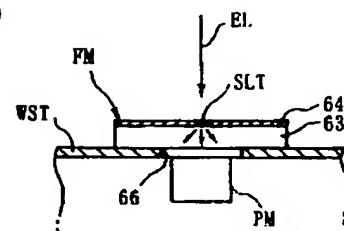
【図11】



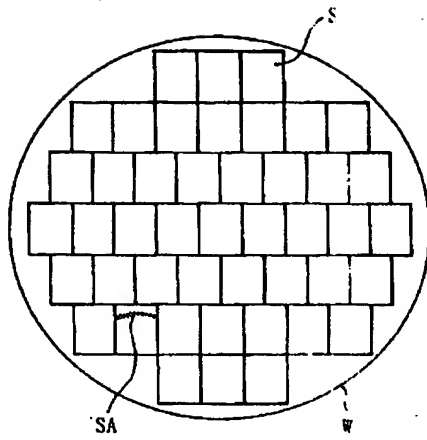
(a)



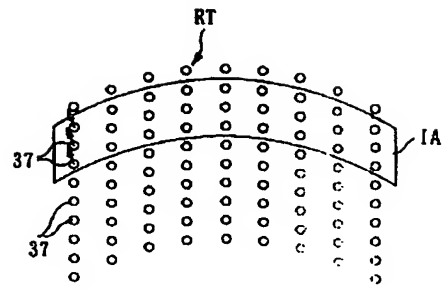
(b)



【図13】



【図14】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-286191

(43)Date of publication of application : 13.10.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 11-094317

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 31.03.1999

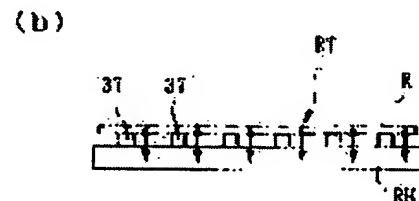
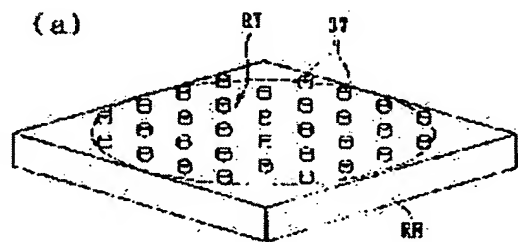
(72)Inventor : OTA KAZUYA

(54) PROJECTION ALIGNER, EXPOSURE METHOD, AND DEVICE- MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection aligner and an exposure method for improving exposure accuracy by correcting distortions and errors of an image, and a method for manufacturing devices.

SOLUTION: A reticle holder RH of this projection aligner is provided with a reticle surface deformation mechanism RT, the distortion of an image which is transferred onto a wafer via a projection optical system is measured by a measurement means, a suction pin 37 is driven at a part, where distortion is being generated on the pattern surface of a reticle R retained by the reticle holder RH, and the reticle R is deformed in the direction of the Z axis.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The aligner characterized by having a deformation means to make the pattern side side of said mask transform into the maintenance device in which are the aligner which illuminates the pattern formed in the mask of a reflective mold with exposure light, and is imprinted on a substrate through the projection optics which is a non-calling cent rucksack to said mask side, and said mask is held, partially.

[Claim 2] The aligner according to claim 1 characterized by equipping said deformation means with the driving means which carries out an attitude drive in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of two or more pins holding the tooth-back side of said mask, and said each pin in said pattern side, and being constituted.

[Claim 3] The aligner according to claim 1 or 2 characterized by having the driving gear to which the synchronized drive of the mask stage holding said mask and the substrate stage holding said substrate is carried out with the velocity ratio according to the scale factor of said projection optics along the defined direction which carries out an abbreviation rectangular cross with the optical axis of said projection optics.

[Claim 4] The aligner according to claim 3 which said projection optics is made into catoptric system, and is characterized by said exposure light being an approximate circle arc slit-like.

[Claim 5] The aligner according to claim 4 characterized by said exposure light being Extreme Ultra Violet light.

[Claim 6] An aligner given in either of claims 1-5 characterized by having a measurement means to measure the error of the image imprinted on said substrate, and making said pattern side transform based on the measurement result in said measurement means with said deformation means.

[Claim 7] It is an aligner given in either of claims 1-6 which are further equipped with a detection means to detect the positional information of said pattern side about the direction of an optical axis of said projection optics, and are characterized by making said deformation means transform said pattern side based on said detected positional information.

[Claim 8] In the exposure approach which imprints on a substrate the pattern formed in the mask of a reflective mold through the projection optics which is a non-calling cent rucksack to said mask side The exposure approach characterized by amending the image imprinted on said substrate by equipping the maintenance device in which said mask is held with the deformation means made to transform the pattern side side of said mask partially, and making said pattern side transform partially with this deformation means.

[Claim 9] The exposure approach according to claim 8 characterized by measuring the distortion of the image imprinted on said substrate with a measurement means, and amending said image with said deformation means based on the result.

[Claim 10] The exposure approach according to claim 8 or 9 characterized by imprinting said pattern on said substrate after it measures beforehand the error of the image imprinted on said substrate and said deformation means amends said image based on the result.

[Claim 11] The exposure approach given in either of claims 8-10 characterized by said exposure light carrying out sequential deformation of the part currently irradiated by said pattern side with

said deformation means, moving said pattern side to said exposure light by making said mask drive in the direction along said pattern side.

[Claim 12] The exposure approach given in either of claims 8-11 characterized by to change the exposure location of the approximate circle arc slit-like exposure light to said pattern side in the radiation direction to the core of said radii slit by making said projection optics into catoptric system, and making said exposure light into the shape of an approximate circle arc slit, and making said pattern side transform into this in the direction which carried out the abbreviation rectangular cross with said deformation means.

[Claim 13] The device manufacture approach characterized by including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate using the aligner of a publication to either of claims 1-7.

[Claim 14] The device manufacture approach characterized by including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate using the exposure approach of a publication to either of claims 8-12.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an aligner, the exposure approach, and the device manufacture approach, and relates to the aligner, the exposure approach, and the device manufacture approach which are used in more detail in case circuit devices, such as a semiconductor device and a liquid crystal display component, are manufactured at a lithography process.

[0002]

[Description of the Prior Art] Now, in the manufacture site of a semiconductor device, mass-production manufacture of the circuit devices (D-RAM of 64M (megger) bit etc.) whose minimum line width is about 0.3-0.35 micrometers is carried out using the contraction projection aligner which made the illumination light i line of a mercury lamp with a wavelength of 365nm, and the so-called stepper. In coincidence, it had the degree of integration of 256M bit and a 1G (G) bit D-RAM class, and installation of an aligner for minimum line width to carry out mass-production manufacture of the circuit device of the next generation 0.25 micrometers or less has started.

[0003] As an aligner for circuit device manufacture of the next generation, ultraviolet pulse laser light with a wavelength [from a KrF excimer laser] of 248nm, Or ultraviolet pulse laser light with a wavelength [from an ArF excimer laser] of 193nm is made into the illumination light. By scanning relatively the 1-dimensional wafer as the mask, or the reticle (it being hereafter named the "reticle" generically) and the induction substrate with which the circuit pattern was drawn to the projection visual field of contraction projection optics Development of the scan mold aligner of the step and scanning method which repeat the scan exposure actuation which imprints the whole circuit pattern of a reticle in one shot field on a wafer, and the stepping actuation between shots is performed.

[0004] By the way, the degree of integration of a semiconductor device was integrated further highly in the future, it was correct to have shifted to 4G bit from 1G bit, the device rule in that case became 0.1 micrometers, i.e., 100 nmL/S extent, and the technical problem technical for corresponding to this has accumulated with the aligner using ultraviolet pulse laser light with an above-mentioned wavelength of 193nm as illumination light.

[0005] Development of the EUV aligner using the light (on these specifications, this light is also called "EUV (Extreme Ultra Violet) light") of a soft-X-ray field with a wavelength of 5-15nm as an exposure light has come to be started, and this EUV aligner recently attracts attention as a strong candidate with a minimum line width of 100nm of a generation's aligner one after another.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following problems exist in an aligner, the conventional exposure approach, and the conventional device manufacture approach which were mentioned above. Thus, in the aligner with which a severe precision is demanded, as a factor which an error produces, there are alignment precision (alignment precision) of a reticle and a wafer, positioning accuracy of a wafer stage including the so-called stepping precision, distortion of projection optics, etc., and much more improvement is always demanded also about which factor.

[0007] Among these, the distortion of projection optics originates in the process tolerance of optical elements, such as a lens and a mirror, the assembly precision of projection optics, etc. In order to have improved distortion, in the aligner equipped with conventional usual transparency mold projection optics, the distortion corrector plate which becomes a location near a reticle from plate-like glass has been arranged, it carried out grinding this distortion corrector plate etc., and distortion amendment in total of all the optical elements that constitute projection optics was performed.

[0008] However, in the EUV aligner, on the wavelength (5~15nm) of the light used, since the matter which penetrates light efficiently without absorption does not exist, a reticle is also a reflective mold and projection optics also consists of reflective mold optical elements. For this reason, it is difficult to arrange a distortion corrector plate near the reticle etc. itself. Therefore, there was no approach of making it below into the level of a request of distortion besides raising the configuration precision of the one-sheet reflective mold optical element (mirror) of one sheet. In order to specifically hold down the distortion of the image formation optical system which consists of a reticle and projection optics to $\pm 5\text{nm}$ or less, 0.05 or less nm@rms of flatness must be made to all the optical elements (there are some which become the diameter of 400mm in inside) of 4~6 sheets that constitute image formation optical system.

[0009] Thus, in an EUV aligner, it is very difficult to stop distortion, and each amendment with error is difficult for the drawing error of the pattern formed in the reticle besides distortion, the error by the shape of surface type of a reticle, the error by distortion of a wafer, etc. This invention makes it a technical problem to offer the device manufacture approach that it was made in consideration of the above points, the distortion and the error of an image are amended, it is stabilized by applying the aligner which can raise exposure precision, the exposure approach, and these aligners and the exposure approach, and a quality device can be manufactured.

[0010]

[Means for Solving the Problem] Invention concerning claim 1 illuminates the pattern formed in the mask (R) of a reflective mold with exposure light (EL). It is the aligner (10) imprinted on a substrate (W) through the projection optics (PO) which is a non-calling cent rucksack to said mask (R) side. It is characterized by having a deformation means (RT) to make the pattern side side of said mask (R) transform into the maintenance device (12) in which said mask (R) is held, partially.

[0011] If a mask (R) is made to transform in the direction which intersects perpendicularly with a pattern side, the image which carries out image formation on a substrate (W) will run by the deformation means (RT). Since the mask (R) of this is a reflective mold, the variation rate of the direction which must irradiate the exposure light (EL) to a mask (R) from across inevitably, and intersects perpendicularly with the pattern side of a mask (R) is because it appears as scale-factor change or location change on a substrate (W). Thus, distortion etc. can be amended by making a mask (R) transform partially with a deformation means (RT), and moving the image on a substrate (W) partially.

[0012] In the exposure approach which imprints the pattern with which invention concerning claim 8 was formed in the mask (R) of a reflective mold on a substrate (W) through the projection optics (PO) which is a non-calling cent rucksack to said mask (R) side By equipping the maintenance device (12) in which said mask (R) is held with the deformation means (RT) made to transform the pattern side side of said mask (R) partially, and making said pattern side transform partially with this deformation means (RT) It is characterized by amending the image imprinted on said substrate (W).

[0013] Thus, distortion etc. can be amended by making the part corresponding to the part which distortion etc. has produced in the pattern side side of a mask (R) deform partially with a deformation means (RT), and moving the image on a substrate (W) partially.

[0014] Invention concerning claim 13 is characterized by including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate (W) using the aligner (10) given in either of claims 1~7.

[0015] Invention concerning claim 14 is characterized by including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate (W) using the exposure approach given in either of

claims 8-12.

[0016] Thus, by manufacturing a device, a mask (R) will be made to transform partially with a deformation means (RT), distortion etc. will be amended, and where the precision of mask (R) original is maintained, a device pattern will be imprinted on a sensitization substrate (W).

[0017]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an example of the gestalt of operation of the aligner concerning this invention, the exposure approach, and the device manufacture approach is explained with reference to drawing 1 thru/or drawing 14 .

[0018] The whole aligner 10 configuration concerning the gestalt of this operation is roughly shown in drawing 1 . This aligner 10 is a projection aligner which performs exposure actuation according to a step and a scanning method using the EUV light EL which is the soft-X-ray field with a wavelength of 5-15nm of 13.4nm, for example, wavelength, or 11.5nm light as an exposure light. Since the projection optics PO which projects perpendicularly on Wafer (a substrate, sensitization substrate) W the reflected light bundle from the reticle R as a mask is used with this operation gestalt so that it may mention later While calling the projection direction of the EUV light EL to Wafer W the direction of an optical axis of projection optics PO to below from this projection optics PO The direction which intersects perpendicularly the direction of [in the space in drawing 1] with Y shaft orientations and space shall be explained as X shaft orientations in the field which intersects perpendicularly this direction of an optical axis with Z shaft orientations and this.

[0019] This aligner 10 projecting some images of the circuit pattern drawn by the reflective mold reticle R as a mask on the wafer W as a substrate through projection optics PO By carrying out the relative scan of Reticle R and the wafer W in the direction (here Y shaft orientations) of one dimension to projection optics PO, the whole circuit pattern of Reticle R is imprinted by the step and the scanning method to each of two or more shot fields on Wafer W.

[0020] An aligner 10 The light equipment 12 which injects the EUV light EL horizontally along the direction of Y, and the EUV light EL from this light equipment 12 are reflected. The clinch mirror M bent so that incidence may be carried out to the pattern side (inferior surface of tongue in drawing 1) of Reticle R by the predetermined angle of incidence theta (theta is taken as about 50 mrad(s) here) (a part of illumination-light study system) The reticle stage RST holding Reticle R (mask stage), The projection optics PO which consists of the catoptric system which projects perpendicularly the EUV light EL reflected in respect of the pattern of Reticle R to the exposed field of Wafer W, It has the wafer stage (substrate stage) WST, a focal sensor (14a, 14b), the alignment optical system ALG, etc. holding Wafer W.

[0021] Said light equipment 12 consists of the laser plasma light source 16 and a part of illumination-light study system (PRM, IM30), as shown in drawing 2 . The laser plasma light source 16 is equipped with the high power laser 20, such as an YAG laser by semiconductor laser excitation, and excimer laser, the condenser lens 22 which condenses laser beam L from this high power laser 20 at a predetermined condensing point, and the EUV light generating matter 24, such as a copper tape arranged at this condensing point.

[0022] In such light equipment 12, if laser beam L from the high power laser 20 is irradiated by the EUV light generating matter 24 arranged at the condensing point of a condenser lens 22, this EUV light generating matter 24 becomes an elevated temperature with the energy of a laser beam, and it is excited by the plasma state, and in case it changes in the low potential condition, the EUV light EL will be emitted. In addition, the laser plasma light source 16 may not be restricted to a tape target, and may be other methods, such as a gas-jet target. Moreover, SOR may be used instead of the laser plasma light source 16.

[0023] Thus, since the generated EUV light EL emits to an omnidirection, it is the purpose which condenses this and the parabolic mirror PRM is formed in light equipment 12, it is condensed and the EUV light EL is changed into the parallel flux of light by this parabolic mirror PRM. The EUV light reflex layer for reflecting EUV light is formed in the internal surface of this parabolic mirror PRM, and the cooling system 26 is attached in that rear face. Although the thing using a cooling liquid as a cooling system 26 is desirable from the point of cooling effectiveness, it is not limited to this. As for the material of a parabolic mirror PRM, the metal is suitable from the point of heat

conduction. Reflecting only the light of specific wavelength is known by using the multilayers which carried out the laminating of two kinds of matter by turns as an EUV light reflex layer currently formed in the front face of a parabolic mirror PRM. For example, if Molybdenum Mo and dozens of layers silicon Si are coated, EUV light with a wavelength of about 13.4nm will be reflected alternatively, and it is known that the multilayers which coded molybdenum and dozens of layers beryllium by turns will reflect EUV light with a wavelength of about 11.5nm alternatively. In order for the light of the wavelength which is not reflected to be absorbed by multilayers etc. and to change to heat, the temperature of a parabolic mirror PRM rises. In order to cool this parabolic mirror PRM, said cooling system 26 is needed. The cross-section configuration perpendicular to the optical axis of the EUV light EL changed into parallel light by the parabolic mirror PRM is circular, and intensity distribution are a uniform parallel light.

[0024] In light equipment 12, the wavelength selection aperture 30 arranged at the method side of method Kogo of advance of the EUV light EL of the lighting mirror IM which reflects the EUV light EL changed into the further above-mentioned parallel light, and is deflected towards the direction of the clinch mirror M of drawing 1, and this lighting mirror IM (space right-hand side in drawing 2) is formed. The near field where the EUV light EL is irradiated is made into a curved surface, and the reflecting layer which changes from the multilayers which carried out the laminating (it is dozens of layer coating about for example, molybdenum Mo and Silicon Si) of two kinds of matter by turns to the front face of that curved surface is formed, and the lighting mirror IM is designed so that the EUV light reflected by this reflecting layer may become the shape of an exactly long and slender slit on Reticle R.

[0025] It corresponds in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a radii-like lighting field (lighting field of a configuration which took out a part of ring-like lighting field) which has the predetermined area which illuminates the pattern side of Reticle R which the vertical direction in space of drawing 2 mentions later, and which is mentioned later, and the pattern side of Reticle R is a focal plane exactly. In this case, since the source of luminescence of the EUV light EL has the magnitude of finite, even if it says that the pattern side of Reticle R is a focal plane, on that focal plane, the EUV light EL has width of face of 1 to about 10mm. Therefore, although a radii-like lighting field is illuminated, it is not too said that it is thin. The cooling system 26 mentioned above and the same cooling system 28 are formed in the rear-face side of the reflector of the lighting mirror IM.

[0026] Said wavelength selection aperture 30 is formed here in order to cut the light. The EUV reflective film with which this consists of multilayers has quite sharp wavelength selection nature to the wavelength of the EUV light neighborhood, and although only the specific wavelength used for exposure is reflected alternatively, the light, ultraviolet radiation, etc. will be reflected similarly. If this is led to Reticle R and projection optics PO, the mirror (about these, it mentions later) which constitutes Reticle R and projection optics PO for excessive energy tends to generate heat, or when the worst, for a certain reason, a possibility of an unnecessary light being imprinted and causing degradation of an image on Wafer W also tends to prevent generating of this situation.

[0027] The condition of having seen the light equipment 12 shown in drawing 2 from the direction 1 side (left-hand side in drawing 2) of Y is shown in drawing 3. In this drawing 3, the clinch mirror M shown in drawing 1 is in the back side of space. Although the reflector of the lighting mirror IM does not appear in drawing 3, when it sees from the space back side of drawing 3, it is carrying out the shape of a rectangle. That is, at drawing 2, by drawing 3 which is a concave bend side and this left side view, since it is a rectangle, the reflector of the lighting mirror IM will carry out the same configuration as a part of cylindrical inner skin. In this case, within the space of drawing 3, although it converges within the space of drawing 2, since the EUV light EL is still parallel light, it serves as the die length of the longitudinal direction of the circular lighting field which the die length of the longitudinal direction in drawing 3 mentions later. In addition, as above-mentioned, even if it calls it parallel, since the magnitude of the light source is limited, a spatial coherency does not necessarily call it zero.

[0028] Although illustration is omitted by drawing 1 in drawing 1, as shown in fact at drawing 4, return and said reticle stage RST are arranged at the reticle stage base 32 top arranged along

XY flat surface, and surfacing support is carried out by the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator (driving gear) 34 on this reticle stage base 32 at it. While driving this reticle stage RST by predetermined stroke in the direction of Y by the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 34, the minute amount drive of it is carried out also in the direction of X, and the direction (hand of cut of the circumference of the Z-axis) of theta. Moreover, this reticle stage RST is constituted that only a minute amount can be driven by the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 34 also in the Z direction and the inclination direction (hand of cut of the circumference of the X-axis and a Y-axis) over XY side. [0029] The permanent magnet (illustration abbreviation) is prepared, said magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 34 is constituted by this permanent magnet and coil 34a spread around in the XY two-dimensional direction on the reticle stage base 32, and the location and attitude control of the direction of six dimension of a reticle stage RST are performed at the pars basilaris ossis occipitalis of the periphery of a reticle stage RST by controlling the current passed to coil 34a with a control device (with no illustration).

[0030] The reticle stage RST is equipped with the stage body 35 holding the periphery of the reticle holder (maintenance device) RH and the reticle holder RH which counters the reticle stage base 32 and holds Reticle R, and the temperature control section 36 for being prepared in the tooth-back side (top-face side) of the reticle holder RH inside the stage body 35, and controlling the temperature of this reticle holder RH so that it may expand to drawing 4 and may be shown. The reticle holder of an electrostatic chuck type is used as said reticle holder RH. It is because the aligner 10 of this operation gestalt is held in the non-illustrated vacuum chamber in fact and the reticle holder of a vacuum-chuck type cannot be used from the relation for which this uses the EUV light EL as an exposure light for this reason. The material of the reticle holder RH does not interfere by the object currently used with conventional DUV or conventional VUV aligners, such as low thermal expansion glass and a ceramic.

[0031] Two or more temperature sensors 38 are arranged at intervals of predetermined, the temperature of Reticle R is correctly measured with these temperature sensors 38 by the reticle adsorption side of the reticle holder RH, and temperature control which maintains the temperature of Reticle R at predetermined target temperature in the temperature control section 36 based on this measurement temperature is carried out to it. The liquid cooling of the form which draws a cooling liquid through a flexible tube as a cooling system which constitutes this temperature control section 36 from the outside, the method using an electronic device like a Peltier device, the method using heat exchangers, such as a heat pipe, etc. are further employable.

[0032] The reflective film which reflects EUV light is formed in the front face (pattern side) of Reticle R. This reflective film is the multilayers to which the laminating of two kinds of matter was carried out by turns. Here, the reflective film of about 70% of reflection factors is formed to EUV light with a wavelength of 13.4nm using the multilayers of Molybdenum Mo and Silicon Si. Patterning of the matter which absorbs EUV light on this reflective film is applied and carried out to the whole surface. Since redo becomes possible to the restoration when failing when patterning of a reflective body like multilayers was carried out being impossible in case of the approach of preparing and carrying out patterning of the absorption layer, pattern restoration is attained. Since the matter of most which exists really does not reflect EUV light, it can use for an absorption layer. With this operation gestalt, since a laser interferometer (RIFZ1-RIFZ3) is used in order to measure the Z direction location of Reticle R so that it may mention later, the absorption layer is formed with matter with which a reflection factor comparable as said reflecting layer is obtained to the measurement beam (light of a visible region) from these laser interferometers. In addition, it is mentioned that secular change according to the adhesion to a reflecting layer, oxidation, etc. in the ease of carrying out of patterning are small as criteria of selection of this absorption stratification ingredient etc.

[0033] An example of Reticle R is shown in drawing 5. The field of the rectangle which exists in the center in drawing is pattern space PA. It is the circular lighting field IA where the EUV light EL whose radii-like field where the slash was given is exposure light is irradiated. Here, because many aberration of the projection optics PO mentioned later can use only the smallest field, it

exposes using a radii-like lighting field. Moreover, the reticle alignment marks RM1-RM6 as an alignment mark are formed in the direction both ends of X of pattern space PA of Reticle R at intervals of predetermined along the direction of Y. The reticle alignment mark RM 1, RM4 and RM2, and RM5, RM3 and RM6 are arranged along about X directions, respectively.

[0034] When using the radii-like lighting field IA so that clearly from drawing 5 , since it is not realistic to perform one-shot exposure (quiescence exposure), as it mentions later, scan exposure is performed with this operation gestalt.

[0035] Since a reflecting layer is formed in the front face as mentioned above, Reticle R does not ask especially the material of the reticle R itself. As a material of Reticle R, low thermal expansion glass, quartz glass (for example, the synthetic quartz with which zero DEYUA (trade name) of a shot company, ULE (trade name) of Corning, Inc., and a fluorine were doped is included), the ceramics, a silicon wafer, etc. can be considered, for example. Using the same material as the material of for example, the reticle holder RH as a material of Reticle R as criteria of selection of this material is mentioned. In this case, although it originates in the temperature rise by the exposure of the EUV light EL for exposure etc. and thermal expansion arises in Reticle R and the reticle holder RH, since only the same amount will expand if both materials are the same, there is a merit that the force (thermal stress) which is going to shift among both does not work. The same effectiveness will be acquired if not only this but the matter which had the same coefficient of linear expansion even if it was different matter is used as a material of Reticle R and the reticle holder RH. For example, it is possible to use SiC (silicon carbide) for Reticle R at a silicon wafer and the reticle holder RH. When a silicon wafer is used as a material of Reticle R, there is also an advantage said that process units, such as pattern drawing equipment, and a resist coater, an etching system, etc. can use it as it is. With this operation gestalt, the reticle holder RH is formed by SiC for this reason, using a silicon wafer as a material of Reticle R.

[0036] And as shown in drawing 6 , the reticle adsorption side of said reticle holder RH is equipped with the reticle surface deformation device (deformation means) RT. The reticle surface deformation device RT consists of adsorption pins 37 arranged in the field along a reticle front face. [many] Each adsorption pin 37 carries out electrostatic adsorption of the tooth back of Reticle R, and the attitude drive of this is carried out by actuators (with no illustration), such as a piezo-electric element, in Z shaft orientations, i.e., the direction which carried out the abbreviation rectangular cross on the front face of Reticle R. Thereby, the reticle surface deformation device RT has composition which can be made to transform the pattern side of Reticle R into Z shaft orientations partially by making Z shaft orientations drive some adsorption pins 37 with an actuator (with no illustration) while holding Reticle R by the tooth-back side by many adsorption pins 37.

[0037] Moreover, each adsorption pin 37 can be moved slightly also in the direction parallel to the front face of Reticle R.

[0038] Since projection optics PO is a non-calling cent rucksack at Reticle R side when Z shaft orientations are made to drive the adsorption pin 37 by the reticle surface deformation device RT and a part of reticle R is made to transform, As shown in drawing 7 , in the part displaced to Z shaft orientations according to deformation, the imprint location in the exposure field SA of the shape of radii on the wafer W corresponding to the circular lighting field IA (refer to drawing 13) becomes what (it shifts and moves) is shifted in the radiation direction to the core of a radii-like field. This is because the circular lighting field IA is set up so that it may be illuminated through a concentric circle top location (an optical property is designed by homogeneity) from the core of the optical element (mirror) which constitutes projection optics PO so that the EUV light EL can use only the smallest field of many aberration of projection optics PO.

[0039] When deformation of the reticle R by the reticle surface deformation device RT and the shift of an imprint location are considered here, for example in drawing 8 , strike slip epsilon of the circuit pattern drawn on the reticle R to displacement ΔZ of the Z direction of 50mrad(s), then the pattern side of Reticle R in the angle of incidence θ (= outgoing radiation angle θ) is expressed with a degree type (1).

$\text{Epsilon} = \Delta Z - \tan \theta \dots (1)$

When Reticle R displaces 1 micrometer in the vertical direction (Z direction) of drawing 8, for example, the strike slip of the image in a reticle pattern side is set to about 50nm and the projection scale factor of projection optics PO is set to 4:1 from this formula (1), on Wafer W, it turns out that the 12.5nm image shift of that quadrant arises. By the reticle surface deformation device RT, image amendment is performed using this image shift.

[0040] As shown in drawing 4, under the reticle R (incidence side of EUV light), inside the reticle stage base 32, the working blind 42 and the slit plate 44 as a field diaphragm approach, and are arranged at Reticle R.

[0041] Although it is easy to be natural [the slit plate 44] even if it specifies the radii-like lighting field IA and is fixed to projection optics PO, in this operation gestalt, this slit plate 44 is constituted possible [a drive] by the drive 46 as a change device containing a motor etc. The top view of this slit plate 44 and its drive 46 is shown in drawing 9. 1st slit 44a as the 1st opening which specifies the lighting field (the 1st lighting field) IA of the shape of radii on the reticle R by which the EUV light EL as an exposure light is irradiated to the slit plate 44, It has 2nd slit 44b as the 2nd opening which specifies the 2nd lighting field where the EUV light EL for exposure is irradiated by the alignment mark RM 1 and RM4 (or RM2, and RM5, RM3 and RM6) part which were formed in the both sides of pattern space PA of the reticle R shown in drawing 5.

[0042] Return and said working blind 42 are for preventing that the redundancy circuit part is contained in the lighting field IA imprinting the redundancy circuit pattern drawn in the same reticle R to Wafer W, and migration of the direction of Y is controlled by this operation gestalt by drawing 4 with a drive 46 synchronizing with migration of the direction of Y of a reticle stage RST. In this case, since Reticle R begins to scan starting of the working blind 42, it may be begun like Reticle R to scan it, and it may begin to move according to the pattern which should hide a target approaching.

[0043] drawing 1 -- return and said projection optics PO -- like the above -- from the reflected light study component (mirror) of about two or more sheets, for example, 3-6 sheets, -- changing -- an image surface side -- a tele cent -- rucksack catoptric system is used and the thing 1/4 time the projection scale factor of this is used here. Therefore, it is reflected by Reticle R, and projection optics PO contracts to a quadrant and the EUV light EL including the pattern information drawn on Reticle R is irradiated on Wafer W.

[0044] Here, projection optics PO is explained more to a detail using drawing 10. Projection optics PO consists of a total (reflected light study component) of four mirrors, the 1st mirror M1 which carries out sequential reflection of the EUV light EL reflected by Reticle R, the 2nd mirror M2, the 3rd mirror M3, and the 4th mirror M4, and a lens-barrel PP holding these mirrors M1-M4. The reflector of said 1st mirror M1 and the 4th mirror M4 has the configuration of the aspheric surface, the reflector of the 2nd mirror M2 is a flat surface, and the reflector of the 3rd mirror M3 serves as a spherical-surface configuration. About 1/50 to 1/60 or less process tolerance of exposure wavelength is realized to a design value, and each reflector has only an error 0.2 to 0.3nm or less at an RMS value (standard deviation). The material of each mirror is low thermal expansion glass or a metal, and the reflecting layer to EUV light is formed in the front face of the multilayers which piled up two kinds of the same matter as Reticle R by turns.

[0045] In this case, the hole is vacated for the 4th mirror M4 so that the light reflected by the 1st mirror M1 can reach the 2nd mirror M2. The hole is established in the 1st mirror M1 so that the light similarly reflected by the 4th mirror M4 can reach Wafer W. Of course, it is good also as a configuration which does not vacate a hole but has notching which can pass the flux of light for the appearance of a mirror.

[0046] Return and said wafer stage WST are arranged by drawing 1 at the wafer stage base 60 top arranged along XY flat surface, and surfacing support is carried out by the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator (driving gear) 62 on this wafer stage base 60 at it. While driving this wafer stage WST by predetermined stroke in the direction of X, and the direction of Y by said magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 62, the minute amount drive of it is carried out also in the direction (hand of cut of the circumference of the Z-axis) of theta. Moreover, this wafer stage WST is constituted that only a minute amount can be

driven by the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 62 also in the Z direction and the inclination direction (hand of cut of the circumference of the X-axis and a Y-axis) over XY side.

[0047] The permanent magnet (illustration abbreviation) is prepared in the base of the wafer stage WST, said magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 62 is constituted by this permanent magnet and the coil (illustration abbreviation) spread around in the XY two-dimensional direction on the wafer stage base 60, and the location and attitude control of the direction of six dimension of the wafer stage WST are performed by controlling the current passed in said coil with the control unit (with no illustration) mentioned later.

[0048] The wafer holder which is not illustrated [of an electrostatic chuck method] is laid in the top face of the wafer stage WST, and adsorption maintenance of the wafer W is carried out by this wafer holder. Moreover, mirror plane processing is performed to the side face of a side besides the direction of Y in drawing 1 of this wafer stage WST, and reflector 74a to the light of a visible region is formed in it. Moreover, although illustration is omitted in drawing 1, as shown in drawing 11, mirror plane processing is performed also to the side face by the side of the direction 1 of X of the wafer stage WST, and reflector 74b to the light of a visible region is formed in it.

[0049] The space image measuring instrument FM for performing measurement (the so-called base-line measurement) of the alignment optical system ALG the location where the pattern drawn by Reticle R is projected on the Wth page of a wafer, and relative-position-related etc. is formed in the end section on the top face of wafer stage WST. This space image measuring instrument FM is equivalent to the reference mark plate of the aligner which uses DUV, a conventional VUV aligner, i.e., KrF excimer laser, or conventional ArF excimer laser.

[0050] The top view of this space image measuring instrument FM and drawing of longitudinal section are shown in drawing 12 (a) and (b), respectively. As shown in these drawings, the slit SLT as opening is formed in the top face of the space image measuring instrument FM. Pattern NINGU of this slit SLT is carried out at the reflecting layer 64 of the EUV light formed in the front face of the fluorescence generating matter 63 of the predetermined thickness fixed to the top face of the wafer stage WST. In addition, it may replace with a reflecting layer 64, an EUV absorption-of-light layer may be prepared, and opening may be formed in this absorption layer.

[0051] Opening 66 is formed in the top-face plate of the wafer stage WST of the lower part of said slit SLT, and the optoelectric transducers PM, such as a photomultiplier, are arranged inside the wafer stage WST which counters this opening 66. Therefore, if the EUV light EL is irradiated by the space image measuring instrument FM from the upper part through projection optics PO, the EUV light which penetrated Slit SLT will reach the fluorescence generating matter 63, and this fluorescence generating matter 63 will emit light with long wavelength compared with EUV light. Light is received by the optoelectric transducer PM and this light is changed into the electrical signal according to that luminous intensity. The output signal of this optoelectric transducer PM is also supplied to a control unit (with no illustration).

[0052] In this aligner 10, that location to projection optics PO is correctly measured by the interferometer systems 70 as shown in drawing 11. These interferometer systems 70 are constituted including four laser interferometers RIFX1, RIFX2, RIFY1, and RIFY2 which measure the location within XY side of a reticle stage RST, and four laser interferometers WIFX1, WIFX2, WIFY1, and WIFY2 which measure the location within XY side of the wafer stage WST.

[0053] Interferometers RIFX1, RIFX2, RIFY1, RIFY2, WIFX1, WIFX2, WIFY1, and WIFY2 are measurement beams (the sign which gave "M" to the tail of the sign of an interferometer is attached among drawing.) to the reflectors 40a and 40b of a reticle stage RST, or the reflectors 74a and 74b of the wafer stage WST. for example, the fixed mirrors (reference mirror) 72a (refer to drawing 1), 72b, 76a, and 76b attached in the lens-barrel PP of projection optics PO while the measurement beam of an interferometer RIFX1 projected the sign "RIFY1M" — a reference beam ("R" is given to the tail of the sign of an interferometer like the measurement beam.) For example, the reference beam of an interferometer RIFX1 measures the relative position of the direction of Y of the reticle stage RST to the fixed mirrors 72a, 72b, 76a, and 76b in the projection location of the measurement beam, or the wafer stage WST, and the direction of X by

projecting a sign "RIFY1R" and receiving each reflected light. And based on the measurement value of these interferometers RIFX1, RIFX2, RIFY1, RIFY2, WIFX1, WIFX2, WIFY1, and WIFY2, the location and angle of rotation of a reticle stage RST or the wafer stage WST are measured. And based on the measurement result in interferometer systems 70, attitude control of a reticle stage RST and the wafer stage WST is performed automatically.

[0054] Laser interferometer RIFZ for reticle side measurement as a metering device which measures the location of the Z direction (the 1st shaft orientations) of Reticle R is prepared in the lens-barrel PP of the projection optics PO which serves as criteria of all measurement of return and the eight above-mentioned interferometers at drawing 1. Although three of laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 are arranged at intervals of predetermined and they are being fixed to Lens-barrel PP as this laser interferometer RIFZ is shown in drawing 11 in fact, these are typically shown by drawing 1 (and drawing 4) as laser interferometer RIFZ.

[0055] As shown in drawing 1, the measurement beam from these laser interferometers RIFZ1-RIFZ3 The exposure field of the EUV light EL for exposure on which it is projected by the predetermined angle of incidence theta through the clinch mirror M in the pattern side of Reticle R, That is, it is projected by three points from which it differs in the radii-like lighting field IA in the pattern side of Reticle R through an optical path parallel to the Z direction which takes an incident light way of the EUV light EL for exposure, and the lead in an outgoing radiation optical path (reflected light way) (refer to drawing 1 and drawing 4). For this reason, the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 Without affecting the EUV light EL for exposure which carries out incidence to the pattern side of Reticle R from across by the predetermined incident angle theta, and is reflected in it on the same outgoing radiation square as an incident angle And it is possible to measure the Z direction location of Reticle R with high degree of accuracy (for example, precision of several nm ~ 1nm or less), without an interferometer measurement beam having effect done by the EUV light EL for exposure.

[0056] And it is based on the predetermined positional information for adjustment measured by at least one of the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 for reticle side measurement. So that spacing of the projection optics PO under exposure (under the imprint of a reticle pattern) and the pattern side of Reticle R may always be kept constant Controlling the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 34 shown in drawing 4, and adjusting the location of the direction of an optical axis of the projection optics PO of Reticle R (the 1st shaft orientations, Z direction) In accordance with Y shaft orientations (the 2nd shaft orientations), the synchronized drive of a reticle stage RST and the substrate stage WST is carried out.

[0057] This Z direction location of the wafer W on the basis of Lens-barrel PP as shown in drawing 1 on the other hand is measured by the focal sensor 14 of the oblique incidence light type fixed to projection optics PO. It is fixed to the column which is not illustrated holding Lens-barrel PP, and it is fixed to a non-illustrated column as well as light transmission system 14a which irradiates the detection beam FB from across to the Wth page of a wafer, and this focal sensor 14 consists of light-receiving system 14b which receives the detection beam FB reflected with the Wth page of a wafer. As this focal sensor, the multipoint focal location detection system indicated by JP,6-283403,A etc., for example is used. It is important for this focal sensor 14 (14a, 14b) to be fixed in one with Lens-barrel PP. The inclination to a wafer W front face, and spacing of projection optics PO and XY flat surface is measured, and the wafer stage WST is controlled by this focal sensor (14a, 14b) so that spacing of a wafer W front face and projection optics PO and parallelism always become fixed through the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 62 based on it.

[0058] Furthermore, said alignment optical system ALG is being fixed to the side face of projection optics PO with this operation gestalt. Various things, such as an image formation type alignment sensor which irradiates broadband light at the alignment mark on Wafer W (or the space image measuring instrument FM), receives that reflected light as this alignment optical system ALG, and performs mark detection with an image-processing method, an alignment sensor of the LIA (Laser Interferometric Alignment) method which irradiates a laser beam at a grid mark and detects the diffracted light, and a scan mold probe microscope like AFM (atomic force microscope), can be used.

[0059] Next, actuation of the exposure process by the aligner 10 concerning this operation gestalt constituted as mentioned above is explained.

[0060] First of all, the distortion of projection optics PO is measured with a measurement means. As a measurement means used here, there is a space image measuring instrument FM formed on the wafer stage WST. In order to measure distortion with this space image instrumentation FM, the EUV light EL for exposure changes the slit plate 44 to the location (the 2nd location) which can irradiate 2nd slit 44b with a drive 46. Subsequently, the location of the wafer stage WST and a reticle stage RST is controlled through the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuators 62 and 34. While irradiating the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6 drawn on Reticle R with the EUV light EL for two each exposure one by one It asks for the projection location to the Wth page top of the wafer of a reticle pattern image by detecting the projection image to the Wth page top of the wafer of the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6 with the space image instrumentation FM. And distortion is measured by the comparison (difference) with the location of the projection image of the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6, and each design location.

[0061] Besides this, as a measurement means, proof print of the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6 on Reticle R is carried out on a dummy wafer, the location of the resist pattern which develops the wafer and is obtained can be measured, and the approach of asking for distortion quantitatively can also be adopted by comparing with Reticle R.

[0062] Thus, based on the measured distortion, the part in Reticle R which should be amended, and its amount of amendments are determined. And Z shaft orientations are made to drive the adsorption pin 37 of the position of the reticle surface deformation device RT, and only the part which should be amended in Reticle R is made to transform according to the amount of amendments.

[0063] the adsorption pin 37 which is sticking to that tooth back according to deformation of Reticle R since each adsorption pin 37 can be moved slightly also in the direction parallel to the front face of Reticle R at this time -- a longitudinal direction -- minute dimension ***** -- although it becomes things, this can be permitted and gap of Reticle R etc. can be prevented. In addition, when making a part of reticle R transform by the drive of the adsorption pin 37, the electrostatic adsorption in other adsorption pins 37 located in the periphery side of Reticle R is once canceled, and you may make it make it re-adsorb after completion of a drive rather than the part made to deform. Thereby, Reticle R can be made to transform with a sufficient precision, without pulling Reticle R horizontally at the time of deformation. If it furthermore says, when making Reticle R transform by the adsorption pin 37, you may make it once cancel electrostatic adsorption in the adsorption pin 37 located in the periphery side of the adsorption pin 37 which should be driven, as it is made to make the sequential adsorption pin 37 drive towards a periphery side from the core of Reticle R and being described above at this time.

[0064] On the other hand in the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 which measure the Z direction location of Reticle R, it verifies whether Reticle R displaced only the specified quantity, and feedback control is performed.

[0065] Thus, where Reticle R is amended, it exposes with the EUV light EL. Then, in the part which Reticle R displaced to Z shaft orientations, in order that the imprint location in the exposure field SA of the shape of radii on the wafer W corresponding to the circular lighting field IA (refer to drawing 13) may shift from the core of a radii-like field in the direction which met in the radiation direction, it is in the condition that the distortion of the projection image on Wafer W was amended, and exposure will be performed. If this exposure process is explained more concretely, while positioning the wafer stage WST to the scan starting position of the 1st shot through the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 62, carrying out the monitor of the positional information from said interferometer systems 70, a reticle stage RST is positioned to a scan starting position through the magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator 34, and that 1st-shot scan exposure is performed. On the occasion of this scan exposure, the rate of both stages is controlled by the control device (with no illustration) so that the velocity ratio of a reticle stage RST and the wafer stage WST is correctly in agreement with the projection scale factor of projection optics PO through the magnetic levitation mold two-

dimensional linear actuators 34 and 62, and exposure (imprint of a reticle pattern) is performed in the state of the uniform synchronization of the velocity ratio which both stages require. In this way, termination of the 1st-shot scan exposure performs stepping actuation between the shots which move the wafer stage WST to the scan starting position of the 2nd shot. And the 2nd-shot scan exposure is performed like ****. In this case, the 1st shot and the direction of scan exposure with the 2nd shot are opposite sense in order to omit the actuation which returns a reticle stage RST and to aim at improvement in a throughput, namely, when the 1st-shot exposure is performed with the sense of the 1 side on a Y-axis to the side else, the 2nd-shot exposure is performed with the sense by the side of [the side else to] one. That is, a mutual scan is performed. Thus, the stepping actuation between shots and scan exposure actuation of a shot are repeated, and the pattern of Reticle R is imprinted by the step and the scanning method by all the shot fields on Wafer W. Signs that a reticle pattern is imprinted by two or more shot field S on Wafer W are shown in drawing 13. In the case of drawing 13, the shots per hour stored in a party is suitably made into even number and odd number so that the shot of an efficient perfect form may be obtained from one wafer. In addition, when amending the scale-factor error of the imprint image of a reticle pattern and shot (pattern already formed) about a scanning direction, the velocity ratio of the reticle stage RST under scan exposure and the wafer stage WST may be changed with the projection scale factor of projection optics PO.

[0066] A reticle holder RH equips with a reticle surface deformation device RT, and it has the composition which makes deform into Z shaft orientations the part which the distortion of the pattern side of the reticle R which measured the distortion of the image imprinted on Wafer W through projection optics PO with measurement means, such as for example, the space image instrumentation FM, and held it with the reticle holder RH based on the measurement result has produced by the aligner 10 and the exposure approach which mentioned above. By this, an image can displace in the radiation direction of the approximate circle arc slit-like circular lighting field IA, the image on Wafer W can be moved in the direction which negates distortion, and only the part which distortion has produced can be amended. Therefore, it becomes possible to raise superposition precision as a result.

[0067] Moreover, exposure light is made into the approximate circle arc slit-like EUV light EL, it has composition which imprints the pattern of Reticle R to Wafer W through the projection optics PO which consists only of Reticle R and the reflective mold optical element of a reflective mold, and it has the composition exposed by a scan and the repeat method by the above-mentioned aligner 10 and the exposure approach by carrying out the synchronized drive of a reticle stage RST and the wafer stage WST with the velocity ratio according to the scale factor of projection optics PO. By having the above-mentioned error correction function in such an aligner 10, the highly precise imprint of a very detailed pattern, for example, 100nm, or the last shipment pattern not more than it becomes possible enough.

[0068] Furthermore, the reticle surface deformation device RT has the composition equipped with actuators, such as a piezo-electric element, for example of making Z shaft orientations carrying out the attitude drive of two or more adsorption pins 37 holding Reticle R, and each adsorption pin 37. It becomes possible to make a part of reticle R transform into Z shaft orientations by this, and it becomes possible to ensure distortion amendment. Moreover, it becomes possible [the distortion of a high spatial-frequency band etc.] to amend certainly by [which consist of two or more adsorption pins 37 in this way] so to speak using the Mt. Tsurugi-like reticle surface deformation device RT.

[0069] And by the above-mentioned exposure approach, the distortion of the image imprinted on Wafer W is beforehand measured with measurement means, such as the space image instrumentation FM, and after amending an image by the reticle surface deformation device RT based on the result, it has composition which imprints a pattern on Wafer W. Thus, subsequent exposure can be performed with a sufficient precision by performing the calibration of projection optics PO at the time of installation of an aligner 10 etc.

[0070] Moreover, it is also possible to amend the drawing error of not only the distortion of projection optics PO but the reticle R by the aligner 10 and the exposure approach of a configuration as described above. Although pattern drawing of Reticle R is generally performed

by the electron beam, since, as for an electron beam, the location of a beam is changed with time amount by a temperature change etc., the pattern of the near has high possibility of carrying out location gap. It is possible to amend about the drawing error of such a reticle R as well as the above-mentioned distortion amendment. In addition, although distribution of the thickness of Reticle R appears as an error of the flatness of a reticle R front face as it is since the chuck of the reticle R is carried out by the tooth-back side in the reticle holder RH, gap of the image by this error can be amended similarly. Furthermore, although Wafer W may deform Wafer W at the time of heat treatment when piling up a pattern and burning and carrying out it, and the image on Wafer W may deform by this, it faces exposing by laying on top of this image, and it is also possible for it to make Reticle R side transform according to the image which deformed, and to amend.

[0071] the non-dense of the pattern [Wafer / W] consistency in one pattern besides this -- densely, more, distribution of the stress which the film of Wafer W receives differs, consequently distortion of a high spatial-frequency band may occur Distortion of this wafer W can be detected by the alignment optical system (detection means) ALG, and it can also amend by making Reticle R transform by the reticle surface deformation device RT based on a detection result.

[0072] In addition, since it verifies whether Reticle R displaced only the specified quantity in laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 and was made to perform feedback control when Reticle R was made to transform by the reticle surface deformation device RT, amendment can be ensured.

[0073] Moreover, in the above-mentioned reticle surface deformation device RT, since it is possible to fluctuate the projection scale factor of Reticle R if the variation rate of all the adsorption pins 37 is uniformly carried out to Z shaft orientations, it is also possible to use this as a scale-factor amendment device in a reticle stage RST.

[0074] In addition, by imprinting the pattern (device pattern) of Reticle R to Wafer W, and manufacturing a device using an aligner 10 and the exposure approach which were mentioned above, where Reticle R was amended and an original precision is maintained, a device pattern will be imprinted by Wafer W. Therefore, it becomes possible to be stabilized and to manufacture the device of predetermined quality.

[0075] In addition, although the piezo-electric element was mentioned as an example with the gestalt of the above-mentioned implementation as an actuator which drives the adsorption pin 37, as long as it can drive, for example in precision of 1 micrometer which is excellent in responsibility and described Reticle R above, other things may be adopted suitably. Moreover, it is good also as a configuration which puts in order two or more adsorption members which replace with the adsorption pin 37 of an a large number book, and have a rectangular adsorption side, and arranges them. In this case, it is made, as for an adsorption member, for a long side to extend in the direction of a short hand of the circular lighting field IA. Since Reticle R is scanned along the direction of a short hand of the circular lighting field IA in an aligner 10 when performing scan exposure, it is possible to perform distortion amendment by the adsorption member of said rectangle as well as the above.

[0076] In addition, in the gestalt of the above-mentioned implementation, considering as the following configurations is also possible. That is, in the circular lighting field IA to which the EUV light EL is irradiated, sequential deformation of the reticle R is carried out by the reticle surface deformation device RT, moving the pattern side of Reticle R to the EUV light EL in a reticle stage RST at the time of exposure, as shown in drawing 14 . When each adsorption pin 37 was fixed to the original location or the position, carry out the variation rate only of the predetermined adsorption pin 37 to Z shaft orientations, Reticle R is made to transform partially just before the exposure of the EUV light EL, the EUV light EL goes past and it more specifically separates from the circular lighting field IA until the EUV light EL is irradiated, the adsorption pin 37 is returned to the original location. Also in such an exposure approach, it is possible to acquire the same effectiveness as the above.

[0077] Moreover, in the gestalt of the above-mentioned implementation, although considered as the configuration which illuminates the EUV light EL in the circular lighting field IA, if it carries out increasing the number of sheets of the mirror which constitutes projection optics PO, for

example etc., it is possible to obtain a rectangle-like lighting field and, also in such a case, the same configuration as the above can be applied. However, it is desirable to have to make a scan late, since the reflection factor in a projection optics PO total will fall in fact if mirror number of sheets is increased, to lead to the fall of a throughput, therefore to constitute projection optics PO from minimum mirror number of sheets.

[0078] For example, although the thing of a scan mold was mentioned as the example as an aligner 10, if projection optics is a non-calling cent rucksack, it can apply the technique of this invention, for example to the aligner of a step-and-repeat mold similarly at Reticle R side. Furthermore, if projection optics PO is also a non-calling cent rucksack at Reticle R side, any of a total reflection system, all refractive media, and reflective refractive media are sufficient, and the scale factor may be any of not only a contraction system but an actual size and an expansion system. in addition -- although only the image surface side of projection optics PO shall be a tele cent rucksack -- both a body side and the image surface -- a tele cent -- you may be rucksack optical system. Moreover, the configuration of the visual field of projection optics PO is also arbitrary, and good. and -- the time of the exposure wavelength of the numerical aperture of projection optics PO being $13.4\text{nm} \rightarrow \text{N.A.} \geq 0.1$ and the time of $\text{N.A.} \geq 0.12$ and exposure wavelength being 11.5nm desirably -- $\text{N.A.} \geq 0.8$ -- it is good in it being $\text{N.A.} \geq 0.1$ desirably.

[0079] moreover, projection optics PO is a non-calling cent rucksack at Reticle R side also about the light source used as an exposure light with an aligner 10 -- if it becomes -- the higher harmonic wave of not only the EUV light EL but an ArF excimer laser (193nm), a KrF excimer laser (248nm), F2 laser (157nm), Ar2 laser, or YAG laser metallurgy group steamy laser -- charged-particle lines, such as an ion beam, can also be used further. Moreover, it is possible to apply the technique of this invention to the projection aligner and the thin film magnetic head for the liquid crystal which imprints device patterns, such as a liquid crystal display component or a plasma display, on the glass plate of a square shape, an image sensor (CCD), the aligner for manufacturing a reticle or a mask further, etc. widely for example, without being limited to the thing for semi-conductor manufacture as a class of aligner.

[0080] It cannot be overemphasized that it is good also as what combined suitably alternatively a configuration which may adopt what kind of configuration and was described above besides this when it was within the limits which does not deviate from the main point of this invention.

[0081]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the aligner concerning claim 1, it has the composition of having had a deformation means to make the pattern side side of said mask transform into the maintenance device in which a mask is held, partially. By making it move in the direction which is made to transform a mask partially with a deformation means, and negates distortion for the image on a wafer by this, distortion can be amended and it becomes possible to raise superposition precision as a result.

[0082] According to the aligner concerning claim 2, the deformation means has composition equipped with two or more pins holding a mask, and the driving means made to carry out an attitude drive in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of each pin in a pattern side. Thereby, it becomes possible to make a mask transform partially. Moreover, it becomes possible [the distortion of a high spatial-frequency band] such by so to speak using a Mt. Tsurugi-like deformation means to amend certainly.

[0083] Since it has composition to which the synchronized drive of a mask stage and the substrate stage is carried out with the velocity ratio according to the scale factor of projection optics with a driving gear according to the aligner concerning claim 3, scan exposure can be performed in an aligner. Moreover, according to the aligner concerning claim 4, it has the composition that projection optics is catoptric system and exposure light is an approximate circle arc slit-like. And according to the aligner concerning claim 5, it has composition which makes exposure light Extreme Ultra Violet light. Thereby, by making a mask scan to approximate circle arc slit-like EUV light, an aligner serves as a configuration imprinted on a substrate through the projection optics which the pattern of a mask becomes only from a reflected light study component, therefore the highly precise imprint of a very detailed pattern, for example,

100nm, or the last shipment pattern not more than it, 70 morenm, or the isolated pattern not more than it of it is attained.

[0084] According to the aligner concerning claim 6, distortion can be amended with a sufficient precision by measuring the error of the image imprinted on a substrate with a measurement means, and making a pattern side transform with a deformation means based on the result.

[0085] According to the aligner concerning claim 7, it has a detection means to detect the positional information of the pattern side about the direction of an optical axis of projection optics, and with a deformation means, it has composition made to transform a pattern side based on the detected positional information, and this can also perform distortion amendment with a sufficient precision.

[0086] According to the exposure approach concerning claim 8, it has composition which amends the image which is made to transform the pattern side of a mask partially and is imprinted on a substrate. Moreover, according to the exposure approach concerning claim 9, it has composition which measures the distortion of the image imprinted on a substrate with a measurement means, and amends an image with a deformation means based on the result. Only the part which distortion etc. has produced can be amended by making by this the part corresponding to the part which distortion etc. has produced deform partially with a deformation means, and moving the image on a wafer in the direction which negates distortion etc. Therefore, it becomes possible to raise superposition precision as a result.

[0087] According to the exposure approach concerning claim 10, the error of the image imprinted on a substrate is measured beforehand, and after a deformation means amends an image based on the result, it has composition which imprints a pattern on a substrate. Thus, subsequent exposure can be performed with a sufficient precision by performing the calibration of projection optics at the time of installation of an aligner etc.

[0088] According to the exposure approach concerning claim 11, exposure light has the composition of carrying out sequential deformation of the part currently irradiated by the pattern side, with the deformation means, moving a pattern side to exposure light. Thereby, when performing scan exposure, deformation amendment of a reticle while scanning can be performed.

[0089] According to the exposure approach concerning claim 12, it has the composition of changing the exposure location of the approximate circle arc slit-like exposure light to a pattern side in the radiation direction to the core of a radii slit, by making projection optics into catoptric system, and making exposure light into the shape of an approximate circle arc slit, and making a pattern side transform with a deformation means. Thereby, EUV etc. can amend distortion by the non-calling cent rucksack by the reticle side especially at the time of the exposure using a reflective mold optical element.

[0090] According to the device manufacture approach concerning claim 13, it has composition including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate using the aligner of a publication to either of claims 1-7. By manufacturing a device with such an aligner, where the precision of mask original is maintained by amendment, a device pattern will be imprinted on a sensitization substrate. Therefore, it becomes possible to be stabilized and to manufacture the device of predetermined quality.

[0091] According to the device manufacture approach concerning claim 14, it has composition including the process which imprints a device pattern on a sensitization substrate using the exposure approach of a publication to either of claims 8-12. By manufacturing a device using such an exposure approach, where it was amended and the precision of mask original is maintained, a device pattern will be imprinted on a sensitization substrate. Therefore, it becomes possible to be stabilized and to manufacture the device of predetermined quality.

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing roughly the configuration of the aligner in the operation gestalt of the aligner concerning this invention, the exposure approach, and the device manufacture approach.

[Drawing 2] It is drawing showing a configuration for the interior of the light equipment of drawing 1.

[Drawing 3] It is the left side view of the light equipment of drawing 2.

[Drawing 4] It is drawing showing each part of a configuration near the reticle stage of drawing 1 in a detail.

[Drawing 5] It is the outline top view of a reticle.

[Drawing 6] It is drawing showing the reticle surface deformation device with which the reticle stage was equipped, and is the perspective view and sectional view in the condition of having seen said device from the lower part.

[Drawing 7] It is drawing showing the variation rate of the image by said deformation device.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the reason which the variation rate of said image produces.

[Drawing 9] It is the top view showing the slit plate of drawing 1, and an example of the drive.

[Drawing 10] It is drawing showing the internal configuration of the projection optics of drawing 1 roughly.

[Drawing 11] It is drawing for explaining the interferometer structure of a system which measures the location within XY flat surface of a reticle stage and a wafer stage.

[Drawing 12] The top view in which (a) shows a space image measuring instrument, and (b) are the side elevations showing the space image measuring instrument of (a).

[Drawing 13] A reticle pattern is drawing showing signs that two or more shot field on a wafer imprints.

[Drawing 14] It is drawing showing other exposure approaches in said reticle surface deformation device.

[Description of Notations]

10 Aligner

34 62 Magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator (driving gear)

ALG Alignment optical system (detection means)

EL EUV light (exposure light)

FM Space image measuring instrument (measurement means)

PO Projection optics

R Reticle (mask)

RH Reticle holder (maintenance device)

RST Reticle stage (mask stage)

RT Reticle surface deformation device (deformation means)

W Wafer (a substrate, sensitization substrate)

WST Wafer stage (substrate stage)

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

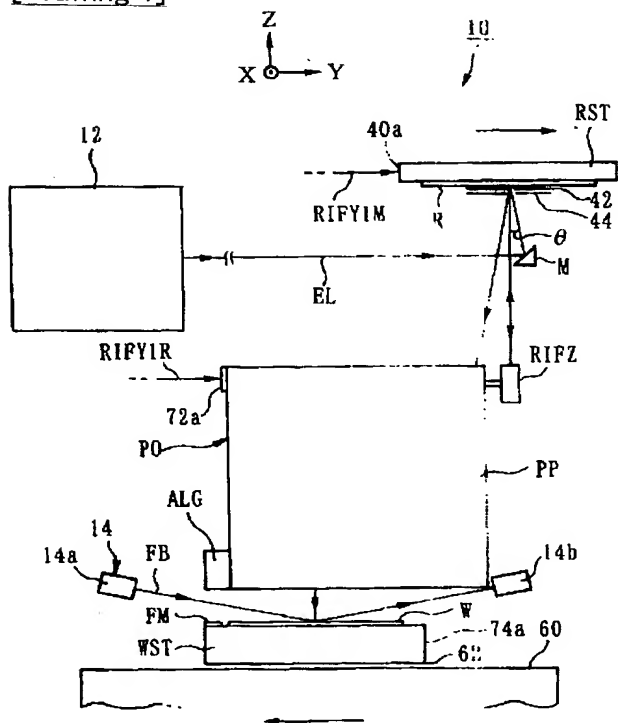
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

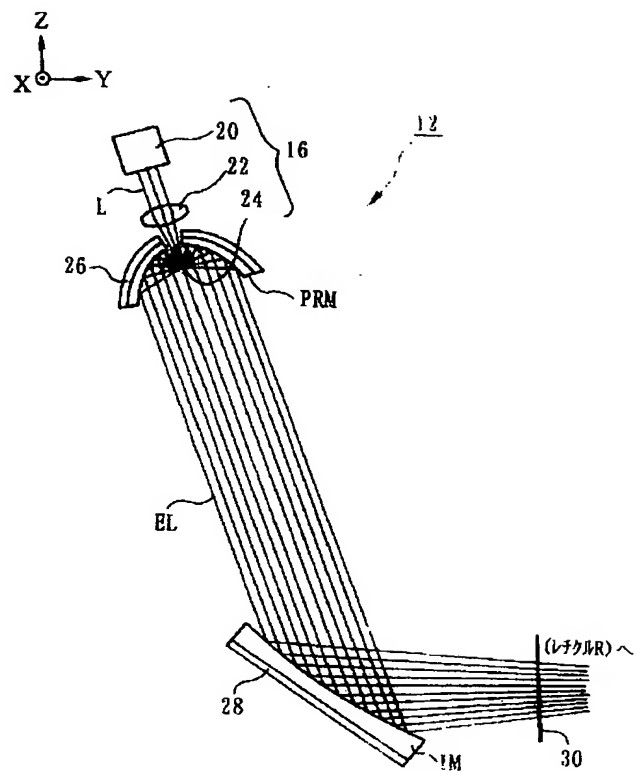
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

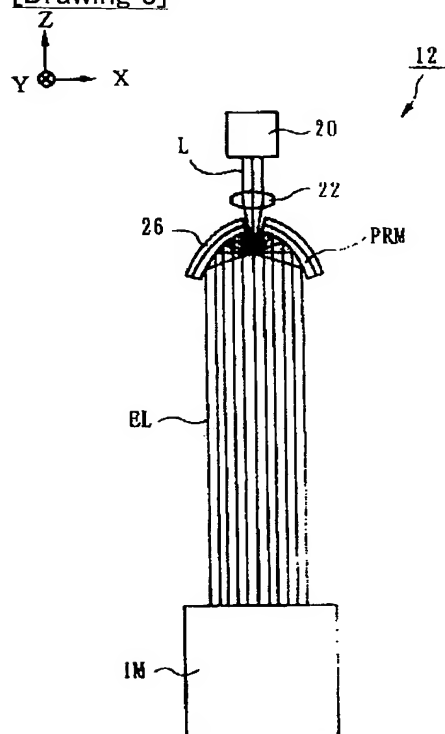
[Drawing 1]



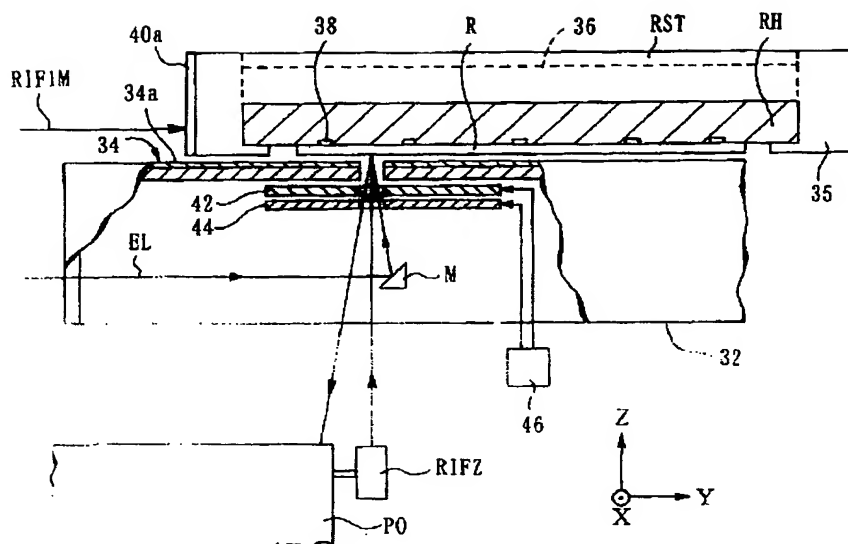
[Drawing 2]



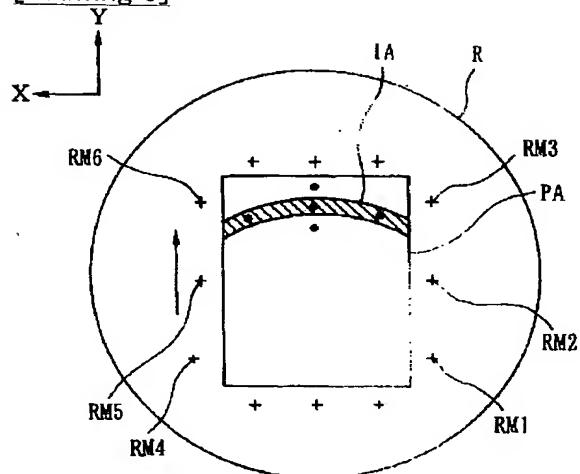
[Drawing 3]



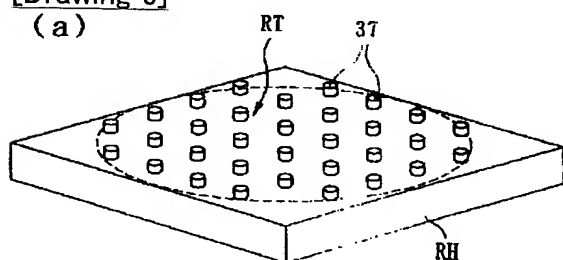
[Drawing 4]



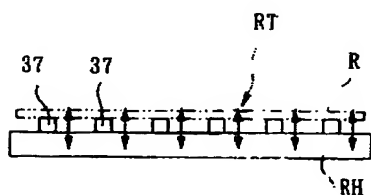
[Drawing 5]



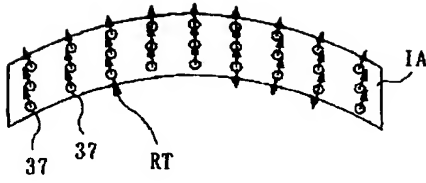
[Drawing 6]
(a)



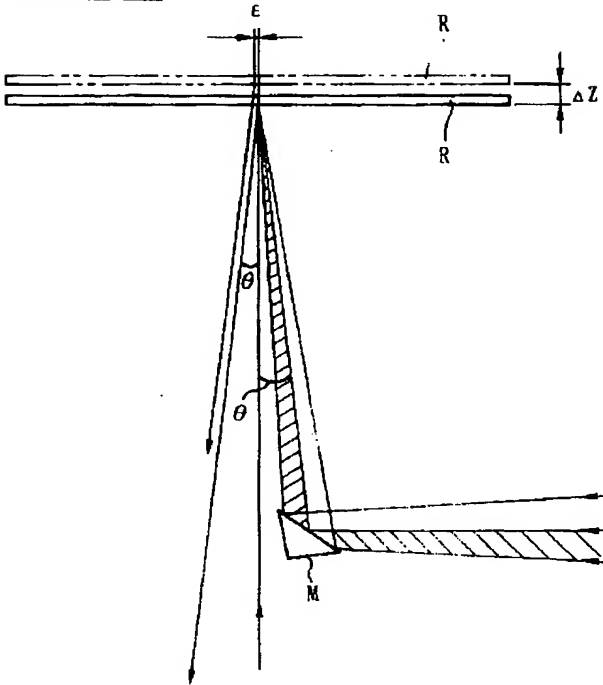
(b)



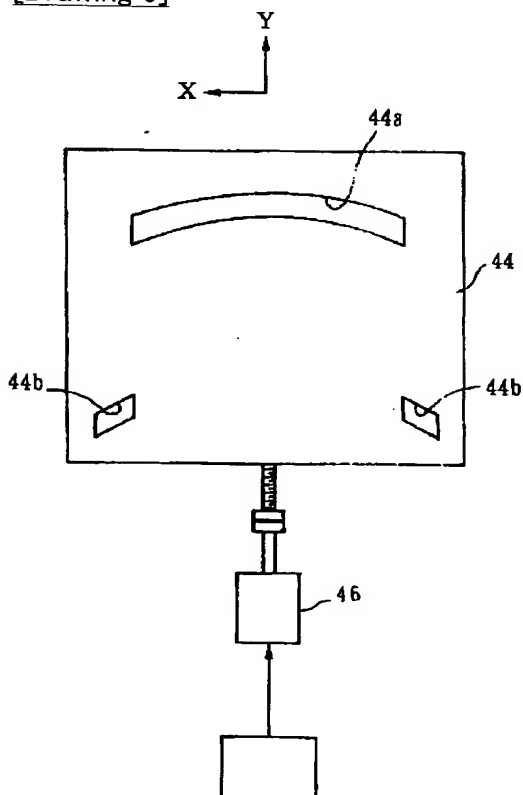
[Drawing 7]



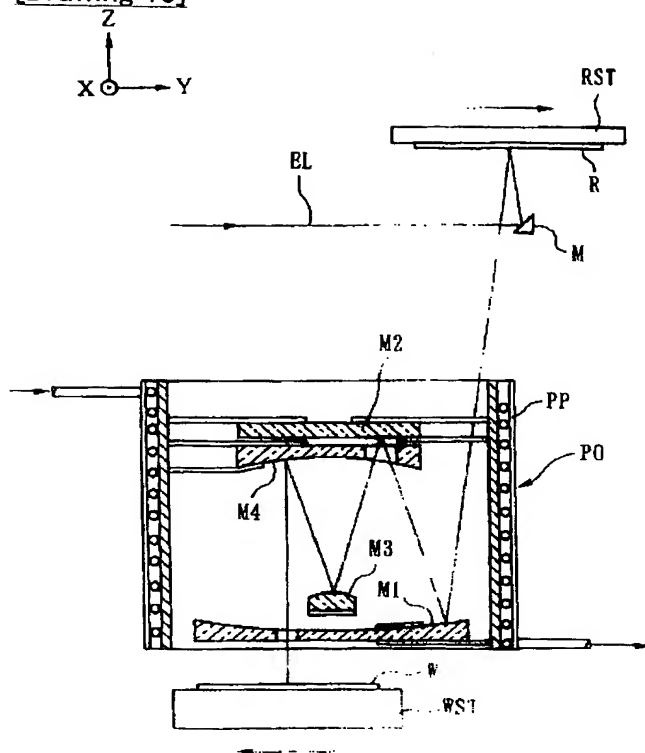
[Drawing 8]



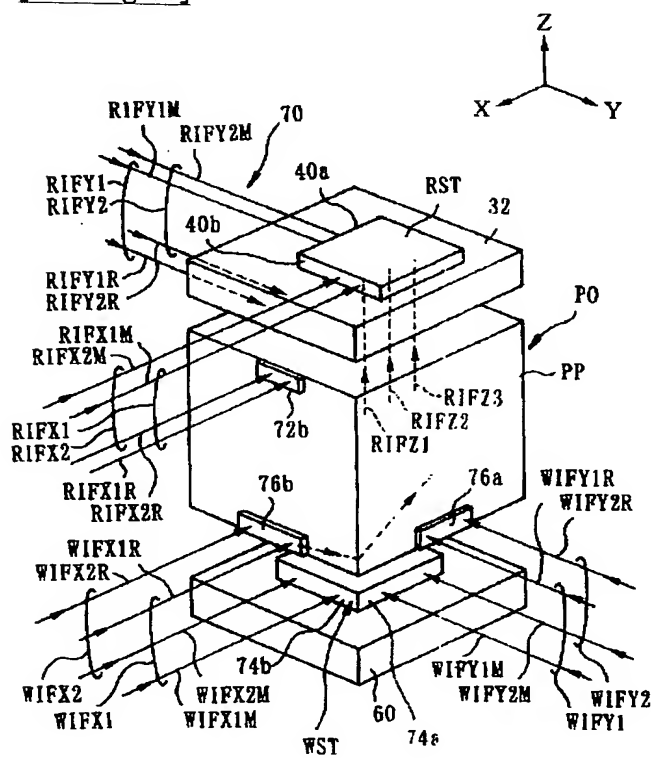
[Drawing 9]



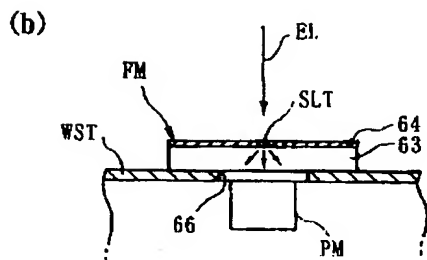
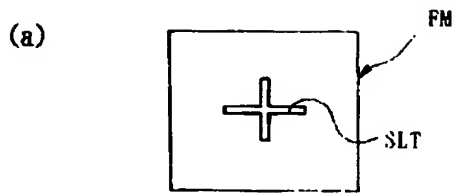
[Drawing 10]



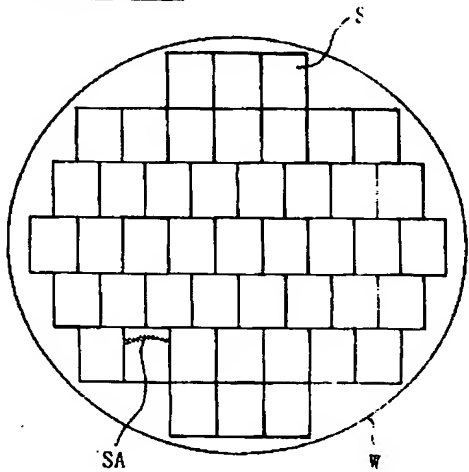
[Drawing 11]



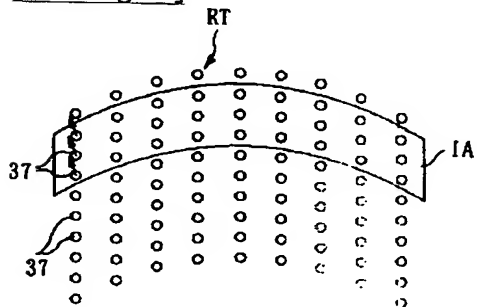
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.